



Universidad
Complutense
Madrid

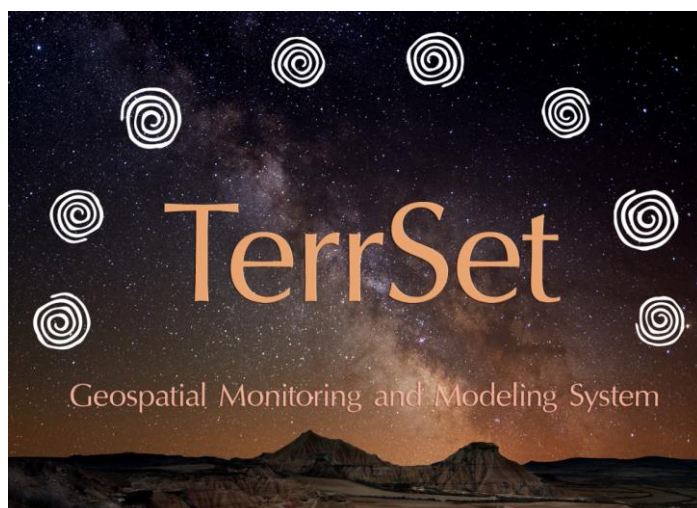


Universidad
Rey Juan Carlos



POLITÉCNICA

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL EN EL CORREDOR DEL HENARES: CARTOGRAFÍA Y VALORACIÓN DE HÁBITATS CON TERRSET



Máster Universitario en Restauración de Ecosistemas

**Presentado por:
D. JESÚS GARRIDO REDONDO**

**Tutora académica y directora:
Dra. D^a. MARÍA JESÚS SALADO GARCÍA**

Alcalá de Henares, a 27 de septiembre de 2016

ANEXO II

D^a María Jesús Salado García

CERTIFICA:

Que el trabajo titulado: **Servicios ecosistémicos y planificación territorial en el Corredor del Henares: cartografía y valoración de hábitats con TerrSet**, ha sido realizado bajo mi dirección por el alumno **D. Jesús Garrido Redondo**.

En Alcalá de Henares, a 27 de Septiembre de 2016

Firmado: María Jesús Salado García

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. Salado', with a long horizontal flourish extending to the right.

ANEXO III

D^a María Jesús Salado García

CERTIFICA:

Que el trabajo titulado: **Servicios ecosistémicos y planificación territorial en el Corredor del Henares: cartografía y valoración de hábitats con TerrSet**, ha sido realizado bajo mi tutorización académica por el alumno **D. Jesús Garrido Redondo**.

En Alcalá de Henares, a 27 de Septiembre de 2016

Firmado: María Jesús Salado García

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. Salado', with a large, sweeping horizontal stroke underneath.

ANEXO 4

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA INCLUSIÓN DEL TRABAJO DE FIN DE MASTER EN LOS ARCHIVO ABIERTOS INSTITUCIONALES DE LAS UNIVERSIDADES QUE IMPARTEN LA TITULACIÓN

D. Jesús Garrido Redondo, con D.N.I. nº 70421352K, como autor del Trabajo de Fin de Máster con título: **Servicios ecosistémicos y planificación territorial en el Corredor del Henares: cartografía y valoración de hábitats con TerrSet** del Máster Universitario en Restauración de Ecosistemas, bajo la dirección y tutorización académica de D^a. María Jesús Salado García,

☒ X AUTORIZAN

☐ NO AUTORIZAN

El depósito y puesta a disposición del Trabajo Fin de Máster en los Repositorios Institucionales de las Universidades que imparten la titulación, de acceso libre y gratuito a través de Internet, y otorgando las condiciones de uso de la licencia Creative Commons *reconocimiento-uso no comercial-sin obra derivada*.

Firmado: El Autor



Firmado: la Tutora del Trabajo de Fin de Máster:



Alcalá de Henares, a 27 de septiembre de 2016

ÍNDICE

Resumen / Abstract.....	pág. 8
1. Introducción.....	pág. 9
2. Marco teórico / Antecedentes.....	pág. 11
2.1. Servicios ecosistémicos y Evaluación Ambiental Estratégica.....	pág. 11
2.2. El módulo vertical <i>Habitat and Biodiversity Modeler</i> de TerrSet.....	pág. 16
3. Presentación del área de estudio y especies a analizar.....	pág. 19
4. Fuentes y metodología.....	pág. 23
5. Resultados.....	pág. 26
6. Discusión.....	pág. 37
7. Conclusiones.....	pág. 38
8. Agradecimientos.....	pág. 40
9. Bibliografía.....	pág. 41
10. Anexos.....	pág. 52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Influencia de la intensidad de uso humano del territorio sobre la biodiversidad: la situación actual.....	pág. 9
Figura 2. Metodología de la evaluación ambiental estratégica propuesta para ser aplicada en la planificación del suelo rústico de Balcarce.....	pág. 13
Figura 3. <i>Water yield (mm)</i> y módulos de <i>Ecosystem Services Modeler</i> de TerrSet para Massachusetts.....	pág. 17
Figura 4. Interfaz de TerrSet, <i>Habitat Assessment</i> , <i>Habitat Change</i> , y los módulos de <i>Habitat and Biodiversity Modeler</i> para el Lince rojo (<i>Lynx rufus</i>) en Massachusetts.....	pág. 17
Figura 5. <i>Habitat Change</i> para <i>Oryctolagus cuniculus</i> en TerrSet (2000-2006)....	pág. 33
Figura 6. <i>Habitat Change</i> para <i>Otis tarda</i> (2000-2006) en TerrSet.....	pág. 34
Figura 7. <i>Habitat Change</i> para <i>Myotis myotis</i> (2000-2006) en TerrSet.....	pág. 34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Listado de hábitats para las distintas especies.....	pág. 23
Tabla 2. Reclasificación de usos del suelo representativos para <i>Oryctolagus cuniculus</i>	pág. 25
Tabla 3. Reclasificación de usos del suelo representativos para <i>Otis tarda</i>	pág. 25
Tabla 4. Reclasificación de usos del suelo representativos para <i>Myotis myotis</i>	pág. 26
Tabla 5. Capas empleadas para la elaboración del estudio.....	pág. 26
Tabla 6. Análisis de hábitats (2000-2006).....	pág. 27
Tabla 7a. Parámetros de las clases de coberturas del suelo para <i>Oryctolagus cuniculus</i> en <i>Hábitat Assessment</i>	pág. 29
Tabla 7b. Parámetros de las clases de coberturas del suelo para <i>Oryctolagus cuniculus</i> en <i>Habitat Assessment</i>	pág. 32
Tabla 8a. Parámetros de las clases de coberturas del suelo para <i>Otis tarda</i> en <i>Hábitat Assessment</i>	pág. 30
Tabla 8b. Parámetros de las clases de coberturas del suelo para <i>Otis tarda</i> en <i>Habitat Assessment</i>	pág. 32
Tabla 9a. Parámetros de las clases de coberturas del suelo para <i>Myotis myotis</i> en <i>Hábitat Assessment</i>	pág. 31
Tabla 9b. Parámetros de las clases de coberturas del suelo para <i>Myotis myotis</i> en <i>Habitat Assessment</i>	pág. 32

RESUMEN

El crecimiento de las ciudades es el fenómeno de mayor impacto territorial y ambiental a escala global, por lo que mejorar las herramientas de prevención, evaluación y corrección de esos impactos es esencial para preservar los valores naturales del territorio. El Corredor del Henares, un espacio de larga e intensa urbanización, presenta aún valores naturales y ecológicos que deben ser preservados en futuros planes de ordenación del territorio. Este Trabajo de Fin de Máster trata de analizar la capacidad de dos de las aplicaciones del módulo *Habitat and Biodiversity Modeler* de TerrSet para facilitar la planificación de base ecológica en el Corredor del Henares y la integración de los servicios ecosistémicos en la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE). Para explorar esa integración se seleccionó el servicio ecosistémico Hábitat para tres especies presentes en el Corredor: *Oryctolagus cuniculus*, *Otis tarda* y *Myotis myotis*.

Palabras clave: Planificación ambiental y territorial, Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), Servicios ecosistémicos, TerrSet, Habitat and Biodiversity Modeler, *Oryctolagus cuniculus*, *Otis tarda*, *Myotis myotis*, Corredor del Henares,

ABSTRACT

The growth of cities is the phenomenon of greater territorial and environmental impact on a global scale, so improve the tools of prevention, evaluation and correction of these impacts is essential to preserve the natural values of the territory. The Henares Corridor, an area of long and intense urbanization, still has natural and ecological values that should be preserved in future land use plans. This Master's Thesis aims to analyze the ability of two applications of *Habitat and Biodiversity Modeler* TerrSet module to facilitate the planning of ecological base in the Henares Corridor and the integration of ecosystem services in the Strategic Environmental Assessment (SEA). In order to explore such integration, the ecosystem service Habitat was selected for three species present in the Corridor: *Oryctolagus cuniculus*, *Otis tarda* and *Myotis myotis*.

Keywords: Environmental and territorial planning, Strategic Environmental Assessment (SEA), Ecosystem Services, TerrSet, Habitat and Biodiversity Modeler, *Oryctolagus cuniculus*, *Otis tarda*, *Myotis myotis*, Henares Corridor

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento urbanístico y de las infraestructuras, así como la expansión e intensificación de las tierras cultivadas, son los fenómenos de mayor impacto territorial y ambiental a escala global de los siglos XX y XXI (Matson *et al.*, 1997; MEA, 2005; Anonymous, 2010). En mayor o menor medida, ambos fenómenos provocan la pérdida de hábitats naturales y la fragmentación de los mismos. Como resultado, la biodiversidad, es decir, la variedad de genes, de especies y de ecosistemas, ha declinado rápidamente (Balmford *et al.*, 2003; Balmford y Bond, 2005), siempre en relación inversa a la presión humana sobre el territorio (Fig. 1).

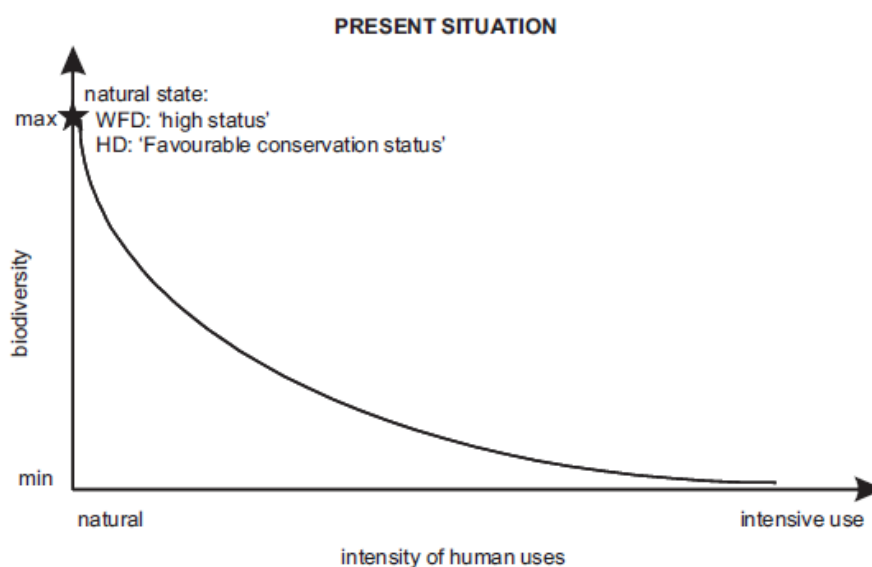


Fig. 1. Influencia de la intensidad de uso humano del territorio sobre la biodiversidad: la situación actual (adaptado de Schneiders *et al.*, 1996) WFD: European Water Framework Directive; HD: European Habitats Directive.

Esta creciente reducción de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos asociados a ella es uno de los impactos humanos más preocupantes sobre el medio ambiente (Baral, H. *et al.*, 2014). Los servicios ecosistémicos son descritos como las ventajas o beneficios que recibe la sociedad, directa o indirectamente de los ecosistemas

(Haines-Young y Potschin, 2008; Hughes y Brooks, 2009; Scottish Government, 2011; UKNEA, 2011). Además de ser esenciales para la vida en la Tierra, son un indicador útil de la salud de los ecosistemas. Entender las respuestas de los ecosistemas a la urbanización es necesario para evaluar y equilibrar las necesidades a corto plazo con los objetivos de sostenibilidad a largo plazo (Styers, D.M. *et al.*, 2010).

El informe del *Millenium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005) sugirió, y muchos autores y estudios posteriores lo han confirmado, que el bienestar humano y la salvaguardia de los ecosistemas pueden considerarse íntimamente relacionados (Pereira *et al.*, 2009; Sloomweg *et al.*, 2010; TEEB, The Economics of Ecosystems and Biodiversity, 2010a, 2010b; Geneletti, 2011; Haines-Young *et al.*, 2012; Partidario y Sloomweg, 2012). El reconocimiento de esta conexión, así como de la estrecha relación con la ocupación del suelo, su distribución y sus cambios, es un fuerte argumento para reforzar la incorporación de los servicios ecosistémicos en las estrategias de desarrollo urbano y ordenación territorial. Un gran reto es la definición de políticas atentas tanto a las necesidades de desarrollo económico a corto plazo como a la gestión eficiente de recursos limitados para la conservación de la naturaleza a largo plazo, con el fin de maximizar los beneficios que proporciona la biodiversidad. Por ello, la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) puede considerarse un instrumento adecuado para la unificación e integración de la planificación ambiental y los servicios ecosistémicos.

En esta meta, la evaluación espacial y la cartografía de las zonas especialmente ricas en biodiversidad juegan un papel imprescindible en la identificación de áreas clave para la conservación y el establecimiento de prioridades para alcanzar la misma. Por lo tanto, y tal y como se menciona en la Estrategia para la Biodiversidad de la Unión Europea para 2020, se hace necesario comprender y cartografiar los bienes y servicios ecosistémicos aún proporcionados por los entornos de esas zonas en rápido proceso de urbanización (Hauck, J. *et al.*, 2013). El reciente software TerrSet IDRISI y, en concreto, su módulo *Habitat and Biodiversity Modeler* proporciona distintas herramientas para generar cartografía de hábitats a partir de capas de ocupación del suelo de escala adecuada en un contexto de planificación territorial. El objetivo de este TFM es explorar las posibilidades y limitaciones de esta aplicación para la elaboración futura de planes de ordenación del territorio más sostenibles, participativos, informados

y ecológicos, favoreciendo así, un desarrollo territorial más equilibrado. Para ello se ha trabajado sobre el Corredor del Henares, una zona enormemente urbanizada pero que aún conserva ciertos espacios de alto valor natural y ecológico, y tres especies presentes en el mismo: *Oryctolagus cuniculus*, *Otis tarda* y *Myotis myotis*.

2. MARCO TEÓRICO / ANTECEDENTES

2.1. Servicios ecosistémicos y Evaluación Ambiental Estratégica

A pesar de la creciente literatura relacionada con los servicios ecosistémicos (Fisher *et al.*, 2009), todavía quedan muchos retos para integrar estructuralmente los servicios ecosistémicos en la planificación, gestión y diseño del paisaje. De Groot *et al.*, (2010) proporcionaron una visión general de los desafíos que plantea la aplicación de la evaluación de los servicios ecosistémicos y la valoración de la gestión ambiental. En su trabajo, discuten, en primer lugar, la definición y la clasificación de los servicios ecosistémicos, para revisar después distintas posibilidades de cuantificación y valoración de dichos servicios. Según Baker *et al.*, (2013), los servicios ecosistémicos proporcionan un valioso marco potencial para la evaluación ambiental, pero es necesaria una consideración pragmática dentro de un contexto específico sobre cómo pueden ser utilizados para ayudar a tratar algunos de los problemas más comunes en la práctica de la evaluación ambiental.

A escala de paisaje o escalas intermedias, el principal reto es cómo decidir la asignación y gestión óptima de las diferentes opciones de categorías de usos del suelo. Las funciones y servicios de los paisajes se han convertido en un aspecto clave en el diseño de políticas territoriales, ya que los que tienen la competencia de la toma de decisiones han tenido que hacer frente a una demanda explícita de los servicios de los paisajes desde un amplio rango de agentes sociales o “*stakeholders*” (FAO, 1999; OECD, 2001; Hollander, 2004; Wilson, 2004; Bills y Gross, 2005; Hein *et al.*, 2006). No obstante, los servicios paisajísticos no están contemplados, todavía, en la mayoría de las herramientas de decisión territorial (Pinto-Correia *et al.*, 2006; Vejre *et al.*, 2007).

A escala de paisaje, la mayoría de los impactos ocasionados sobre los servicios ecosistémicos están relacionados con los **cambios de usos del suelo** que pueden causar

la fragmentación de los ecosistemas y la pérdida de las funciones ecosistémicas. La planificación espacial, centrada en el desarrollo sostenible del paisaje, debe considerar el potencial local para proporcionar servicios ecosistémicos, así como los posibles impactos que se deben a los cambios en los usos del suelo (Scolozzi, R., *et al.*, 2012).

Como es sabido, la **Evaluación Ambiental Estratégica** (EAE) es definida como un proceso sistemático de evaluación de los efectos ambientales de las decisiones alternativas en las políticas, planes y programas; asegura la integración de las consideraciones biofísicas, económicas, sociales y políticas desde el comienzo del proceso de toma de decisiones y puede ser utilizada, por tanto, para integrar los servicios ecosistémicos en la planificación urbana sostenible, y por tanto en la evaluación de los impactos ocasionados por los cambios de usos de suelo asociados a ésta (Brown y Therevil, 2000; Chaker *et al.*, 2006; Partidario., 2003; Tao *et al.*, 2007).

Por otro lado, se ve a los servicios ecosistémicos como una herramienta importante para la comunicación y la incorporación de la perspectiva de la biodiversidad en varios sectores y políticas (TEEB, The Economics of Ecosystems and Biodiversity, 2010a, 2010b), y elementos cruciales en la comunicación hacia nuevos objetivos de biodiversidad (Toivonen, 2010).

Baker *et al.*, (2013) reunieron cinco casos de estudio que ilustraban varios enfoques integrando los servicios ecosistémicos y la EAE (Portugal, República Sudafricana y tres de localidades del Reino Unido: Glasgow, Escocia; Wareham y Heysham, Inglaterra). En Barral *et al.*, (2012) también se elaboró un proceso metodológico en el que se integraban los servicios ecosistémicos en la EAE, en la región sureste de la provincia de la Pampa (Argentina). Por su parte, Bhagabati *et al.*, (2014) realizaron un estudio sobre cómo los servicios ecosistémicos refuerzan la conservación del tigre de Sumatra en los planes de usos del suelo de Indonesia. Otro estudio interesante es el de la conexión establecida por Rega *et al.*, en el año 2013, entre los servicios ecosistémicos y los esquemas agroambientales a través de la EAE en el norte de Italia. Exponemos a continuación, de manera algo más profunda, los ejemplos de las Pampas argentinas y la planificación de los usos del suelo rústico y el caso de Wareham y las infraestructuras verdes en la evaluación ambiental, debido a que el primero presenta una metodología que incluye los Sistemas de Información Geográfica

(SIG) en prácticamente toda ella y a que el segundo otorga una interesante reflexión sobre las debilidades y fortalezas que existen en la utilización de los servicios ecosistémicos integrados en la EAE.

a) Planificación de los usos del suelo basada en la evaluación de los servicios ecosistémicos: El caso de estudio del sureste de las Pampas de Argentina (Barral, M.P. *et al.*, 2012).

En Balcarce (Provincia de la Pampa, Argentina) se ha desarrollado un protocolo metodológico de EAE (Fig. 2) para poder incorporar los servicios ecosistémicos a los planes de usos del suelo rústico con la ayuda de los SIG. La zona sufrió un gran aumento de las zonas agrícolas en los últimos 20 años, lo que ponía en peligro los ecosistemas esteparios naturales.

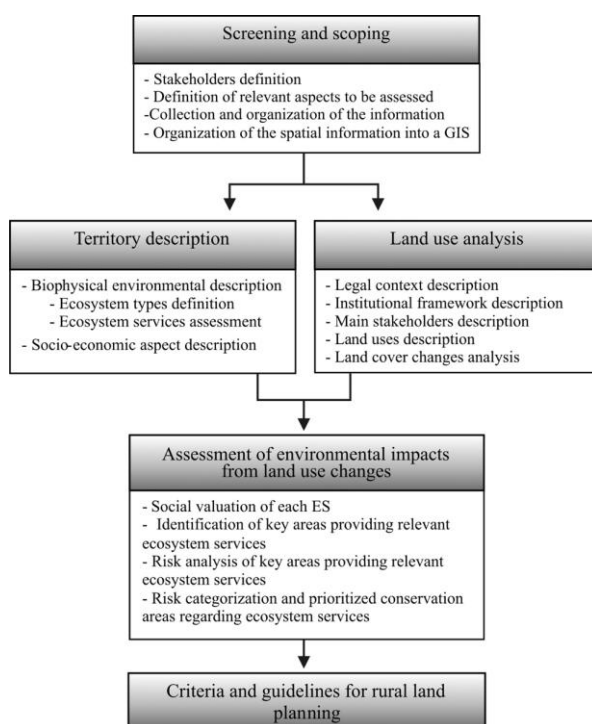


Fig. 2. Metodología de la evaluación ambiental estratégica propuesta para ser aplicada en la planificación del suelo rústico de Balcarce (Barral M.P., Maceira, N.O., 2012).

Las colinas y las zonas riparias se identificaron como áreas clave para la conservación de las estepas con el fin de otorgar servicios ecosistémicos de regulación en los paisajes agrícolas. Sobre la base de este análisis, fue propuesta una zonificación, con el objeto de conservar los servicios ecosistémicos de regulación y soporte vitales sin

sacrificar, significativamente, la producción de alimentos para los seres humanos de los alrededores.

b) Wareham Managed Re-alignment (Reino Unido) — La infraestructura verde en la EAE (Baker J., et al, 2013).

La Agencia de Medio Ambiente del Reino Unido realizó una serie de trabajos para ensayar la incorporación de los valores económicos de los servicios ecosistémicos proporcionados por las infraestructuras verdes (en concreto los relacionados con las inundaciones y las zonas costeras) en las prácticas tradicionales de evaluación ambiental (EEA, 2011).

Así pues, se identificó como imprescindible el papel de los hábitats naturales en la producción de servicios ecosistémicos relevantes para la reducción de la erosión costera y el riesgo de inundación.

El proyecto utilizó una serie de directrices producidas por la Agencia de Medio Ambiente (Eftec, 2010), que sugiere que, con el apoyo de la EAE y la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es posible proporcionar valores económicos para el medio ambiente que puedan ser incorporados en los análisis tradicionales de coste-beneficio.

Este estudio demostró que existían barreras para el uso de la valoración de los servicios ecosistémicos en la toma de decisiones. Adicionalmente, se descubrió que las decisiones tenían que hacerse en relación al coste-beneficio y la adecuación de la valoración de los servicios ecosistémicos.

El marco conceptual del *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA) ha sido la base de gran parte del desarrollo posterior de los estudios sobre la integración de los servicios ecosistémicos en la toma de decisiones, sumado a los documentos científicos iniciados por el doctor pionero holandés de Groot, en el año 2010, sobre la necesidad de integrar los servicios ecosistémicos en los planes y proyectos de Evaluación Ambiental Estratégica, para poder disminuir los impactos negativos que se derivan de los planes elaborados actual y tradicionalmente, y aumentar los beneficios ecológicos, económicos y sociales proporcionados por los ecosistemas.

Entonces, la EAE basada en los servicios ecosistémicos parece una potente herramienta para prevenir los costes ambientales negativos, que puedan pasar desapercibidos, de los planes de usos del suelo bajo las técnicas tradicionales empleadas en la evaluación de impacto ambiental. En este contexto, la planificación de los usos del suelo se nos muestra como una herramienta imprescindible para aumentar la sostenibilidad del desarrollo, urbanístico y agrícola, con el objetivo de equilibrar la competitividad económica, la igualdad social y la salud del medio ambiente.

El enfoque de los servicios ecosistémicos (MEA, 2005) otorga una base integrada para hacer frente a la planificación de los usos del suelo en diferentes entornos y escalas. La identificación y medición de las variaciones de los servicios ecosistémicos, como consecuencia de los cambios en los usos del suelo, parece ser una manera adecuada de evaluar los costes y beneficios medioambientales de las diferentes decisiones de la planificación territorial.

Durante la última década, los servicios ecosistémicos han sido un concepto que ha llamado cada vez más la atención de los investigadores, los “*stakeholders*” de los planes, proyectos, etc., y de los responsables políticos (Rega, C. *et al*, 2013). A pesar de esto, el uso de los servicios ecosistémicos está todavía restringido en los planes y programas (Geneletti, 2011) y en la EAE (Slootweg y van Beukering, 2008).

Teniendo en cuenta los servicios ecosistémicos, proporcionados potencialmente por los usos y coberturas del suelo, se reconoce un marco teórico necesario para la conexión entre los sistemas naturales y humanos en la gestión ambiental (Balvanera *et al.*, 2001; Balmford *et al.*, 2002; Howarth y Farber, 2002; Daily *et al.*, 2009). El enfoque de los servicios ecosistémicos a la gestión y planificación implica una consideración de la multifuncionalidad de las coberturas del suelo y de las compensaciones entre las funciones (Kienast *et al.*, 2009; Nelson *et al.*, 2009; Bolliger *et al.*, 2010).

A partir del análisis de los estudios de casos y la literatura es evidente que el análisis, evaluación y valoración de los servicios ecosistémicos es potencialmente beneficioso para los proyectos y planes de diversa índole medioambiental y social (Slootweg *et al*, 2010; Geneletti, 2011). Sin embargo, la medida en que son capaces los

servicios ecosistémicos de mejorar la práctica de la evaluación ambiental depende de cómo se utilizan y en qué circunstancias.

Por tanto, mejorar las herramientas de prevención, evaluación y/o corrección de dichos impactos y presiones humanas sobre los ecosistemas y los servicios que estos nos proporcionan es de esencial importancia para preservar los valores naturales de nuestro entorno, especialmente en áreas como el Corredor del Henares, ámbito de estudio de esta tesis, de larga e intensa urbanización. La evaluación de los servicios ecosistémicos puede apoyar de manera efectiva las opciones políticas y sociales en el proceso de la planificación espacial (Farber *et al.*, 2002), desde la recolección de datos hasta el análisis, y en la sensibilización de los posibles impactos sobre los bienes y servicios de los ecosistemas debidos a los cambios en los usos del suelo (Kreuter *et al.*, 2001; Wang *et al.*, 2010; van Oudenhoven *et al.*, 2012), ayudando a evitar o compensar dichos impactos (Deutsch *et al.*, 2003).

2.2. El módulo vertical *Habitat and Biodiversity Modeler* de TerrSet

El sistema de software geoespacial TerrSet IDRISI está exclusivamente diseñado para la monitorización y modelización del sistema Tierra. Fue desarrollado por Clark Labs (Universidad de Clark), entre los años 1987 y 2015, e incorpora el análisis de los Sistemas de Información Geográfica y las herramientas de procesamiento de imágenes de IDRISI junto con una constelación de módulos verticales (Eastman, 2015a). Los dos módulos más directamente relacionados con la integración de los servicios ecosistémicos en la EAE son dos: *Ecosystem Services Modeler* y *Habitat & Biodiversity Modeler* (Figs. 3 y 4); no obstante, en esta tesis, debido a la envergadura del trabajo, sólo se analizarán las herramientas *Habitat Assessment* y *Habitat Change* del segundo.

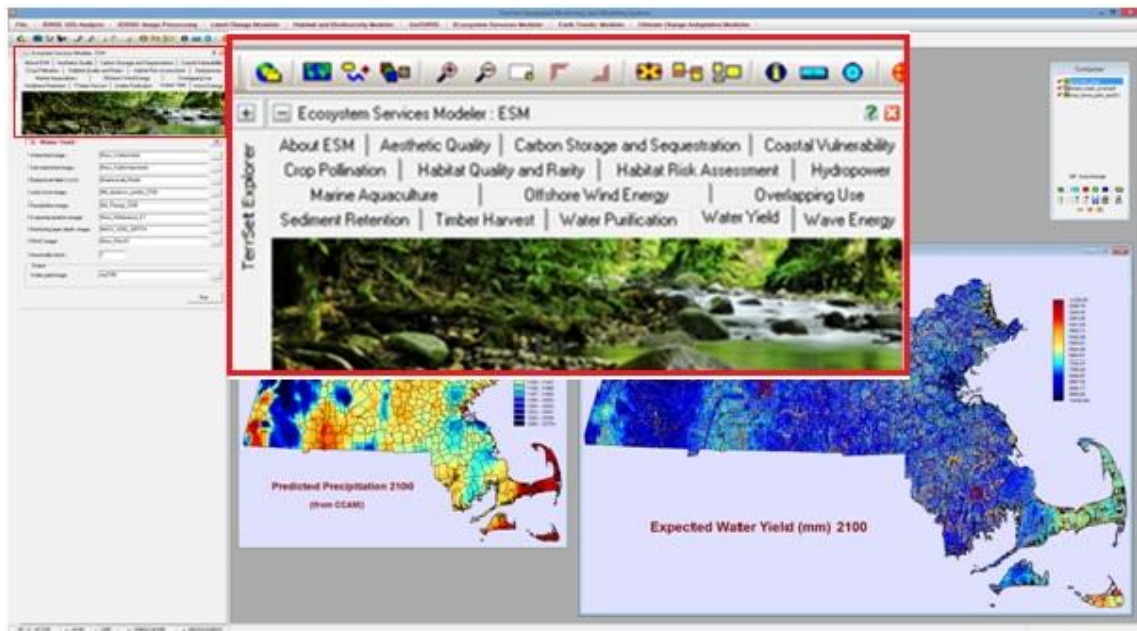


Fig. 3. Water yield (mm) y módulos de *Ecosystem Services Modeler* de TerrSet para Massachusetts. Fuente: www.clarklabs.org. Imagen descargada el 22/09/2016.

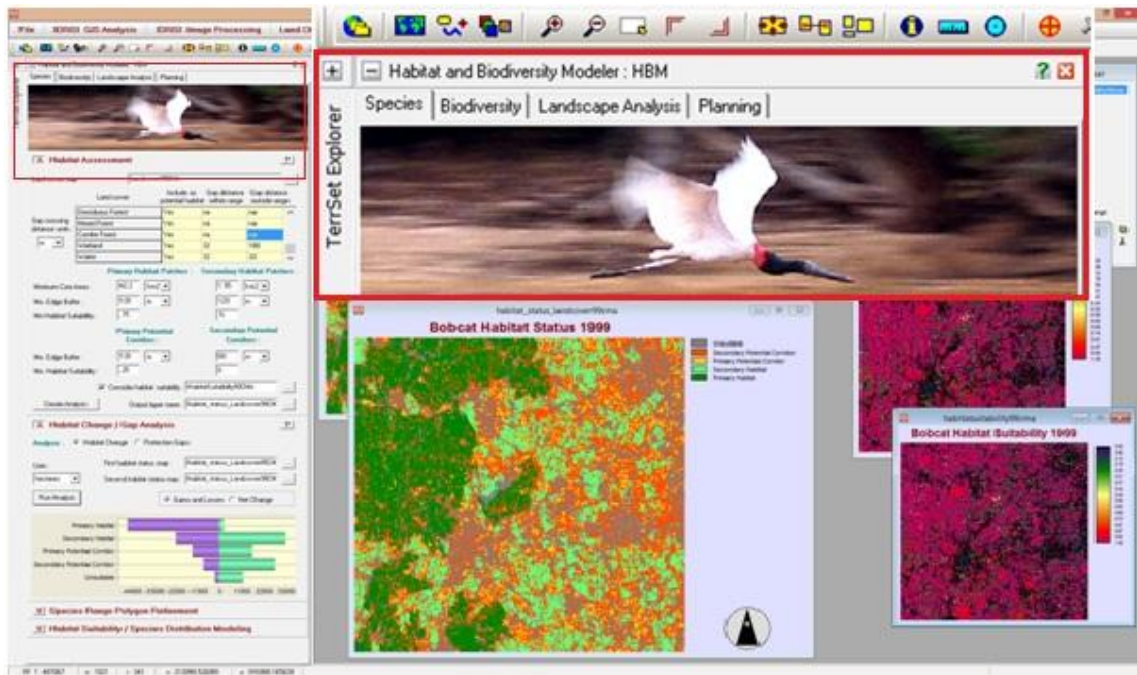


Fig. 4. Interfaz de TerrSet, *Habitat Assessment*, *Habitat Change*, y módulos de *Habitat and Biodiversity Modeler* para el Lince rojo (*Lynx rufus*) en Massachusetts, donde aparecen las cinco categorías predefinidas: *Hábitat Primario* (verde oscuro); *Hábitat Secundario* (verde claro); *Corredor Potencial Primario* (amarillo); *Corredor Potencial Secundario* (naranja); e *Inadecuado* (gris). Fuente: www.clarklabs.org. Imagen descargada el 02/08/2016.

El módulo vertical ***Habitat and Biodiversity Modeler (HBM)*** (incluye herramientas para la evaluación del hábitat, el análisis de patrones de paisaje y la modelización de la biodiversidad y la distribución de las especies. Tiene también la posibilidad de importar datos de especies y modelos de biodiversidad de la UICN. Con el HBM se pueden combinar análisis de escenarios futuros de otros módulos verticales de TerrSet (*Land Change Modeler* y *Climate Change Adaption Modeler*, para visualizar y modelar los potenciales impactos debidos al cambio climático o del paisaje (Eastman, 2015a.). Dentro de él nos detendremos en las pestañas ***Habitat Assessment*** y ***Habitat Change***.

- En ***Habitat Assessment*** (Fig. 4 y Tablas 7a, 7b, 8a, 8b, 9a y 9b), teniendo en cuenta la información sobre la cobertura del suelo, la calidad del hábitat y los parámetros relacionados con las áreas de distribución y las características de dispersión de las especies, se establecen cinco categorías diferentes, en un rango de 0 a 1 (siendo 0 la peor calidad de hábitat y 1 la óptima), donde varían los tipos de coberturas y usos del suelo incluidas en cada categoría para cada una de las especies (Eastman, 2015c).
 - *Hábitat Primario* (0,75-1). Este hábitat posee todas las necesidades vitales en términos de tamaño del hogar, disponibilidad de alimento durante el invierno y verano, refugio, invernada, lugares adecuados de reproducción, etc.
 - *Hábitat Secundario* (0,5-0,75). Contiene áreas con los tipos de cobertura de hábitat elegidos, pero faltan uno o más requisitos (como el área o nivel de adecuación mínimo) para ser considerado *Hábitat Primario*. Estos hábitats proporcionan zonas de forraje y refugio para los animales que se desplazan hacia hábitats primarios.
 - *Corredor Potencial Primario* (0,5-0,3). Constituyen pasillos relativamente seguros para ser atravesados por la fauna, principalmente por la noche.
 - *Corredor Potencial Secundario* (0,3-0). Forman coberturas de mayor riesgo, pero también son utilizadas por la fauna.
 - *Inadecuado*. Son áreas que no son adecuadas para ser hábitats ni corredores.

- La herramienta ***Habitat Change*** (Figs. 5, 6 y 7) es utilizada para realizar un análisis de los cambios en el estado del hábitat entre dos años (creado a partir de los dos resultados de *Habitat Assessment*). En este caso, se produce un gráfico que muestra las ganancias y pérdidas (en hectáreas; Eastman, 2015b).

En un contexto de análisis espacial con SIG, estos resultados pueden enriquecerse con facilidad combinándolos con otras capas de información (áreas protegidas, áreas declaradas urbanizables, etc.) y otras herramientas (cálculo de índices de ecología del paisaje con Fragstats, por ejemplo).

3. PRESENTACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ESPECIES A ANALIZAR

El Corredor del Henares está formado por 29 términos municipales del Este Metropolitano de Madrid (Anexo I), la Comarca de la Cuenca del Medio Jarama y la Comarca del Henares, pertenecientes a la Comunidad de Madrid (18), y la Comarca de la Campiña de Guadalajara (Castilla la Mancha, 11). Tiene una extensión de, aproximadamente, 1.100 km² y unos 740.000 habitantes, correspondiendo el 27% de la población a Alcalá de Henares (INE, 2015).

El Corredor del Henares se puede identificar como un corredor natural en el tramo bajo del río Henares, a la vez que forma un elemento clave del área metropolitana de Madrid. Gracias a sus condiciones de accesibilidad especiales, ha sido considerado como uno de los ejes clásicos de difusión y concentración metropolitana de la capital de España (del Río y Rodríguez, 2009). El río Henares y, sobre todo, la antigua Nacional II y la nueva Autovía A2, junto con las infraestructuras ferroviarias (Cercanías Renfe Madrid-Alcalá de Henares-Guadalajara y el AVE Madrid-Barcelona) a lo largo del valle son los componentes que han vertebrado y articulado esta región históricamente y son sus motores y causas de expansión y desarrollo. En la actualidad, forma un continuo urbano-industrial, de unos 60 kilómetros de longitud, apoyado en las actividades logísticas y la industria.

Sin embargo, el Corredor del Henares aún mantiene espacios naturales de cierto valor, tales como sistemas agrarios de alta productividad, bosques galería bien conservados o manchas y parches de vegetación forestal natural de cierto peso (sobre

todo en los taludes y los páramos de la margen izquierda del Henares). Así pues, podemos encontrar varios espacios protegidos en el Corredor (Rodríguez-Espinosa, V.M. *et al*, 2015) (Anexo I):

- Lugares de Interés Comunitario (LIC): “Cuencas de los ríos Jarama y Henares”, ampliable al reciente LIC de “Ribera del Henares”, en Azuqueca de Henares. Recientemente, el LIC de los ríos Jarama y Henares fue declarado ZEC, Zona de Especial Conservación de la Red Natura 2000.
- Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA): “Estepas cerealistas de los ríos Jarama y Henares”, continuando por Guadalajara con la de las “Estepas cerealistas de la Campiña” y ZEPA “Cortados y cantiles de los ríos Manzanares y Jarama” de la Red Natura 2000.
- Parque Regional del Sureste (Parque Regional en torno a los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jarama), figura de protección de la Comunidad de Madrid.

Pretendemos aquí evaluar los cambios producidos en los hábitats de tres especies características del Corredor del Henares entre los años 2000 y 2006 como consecuencia de los cambios en los usos y coberturas del suelo a través, como ya hemos mencionado, de la exploración de las posibilidades de aplicación de dos de las herramientas integradas en el módulo *Habitat & Biodiversity Modeler, Habitat Assessment (Evaluación del Hábitat) y Habitat Change (Cambios en el Hábitat)*. Se ha escogido un ámbito territorial muy dinámico y para el que existen múltiples fuentes de datos espaciales de libre disposición, y tres especies especialmente relacionadas con tres tipos de biotopos del Corredor (Tabla 1):

- Matorral mediterráneo: el conejo (*Oryctolagus cuniculus*),
- Estepas cerealistas: la avutarda (*Otis tarda*), y
- Bosques: el murciélago ratonero grande (*Myotis myotis*).

Las razones por las que fueron seleccionadas nuestras tres especies son variadas. En primer lugar, en el caso de *Oryctolagus cuniculus* (Tabla 2), por ser la base de la cadena trófica para muchas aves rapaces de la Comunidad de Madrid y por su alta densidad y abundancia en el Corredor del Henares. En Europa meridional, el conejo ha

sufrido un agudo descenso en sus poblaciones durante las últimas décadas debido a la intensificación de la agricultura y las epidemias como la mixomatosis y la hepatitis hemorrágica vírica (Ross y Tittenson, 1986; Marchandeu *et al.*, 2000). El Corredor del Henares presenta una alta densidad de conejo, lo que favorece que sea de elevada importancia para el campeo y la alimentación de especies rapaces (águila imperial ibérica, *Aquila adalberti*; buitre negro, *Aegypius monachus*) que nidifican en otros lugares de la Comunidad de Madrid. En cuanto a costumbres, la mayor parte de las actividades del conejo suelen transcurrir alrededor del vivar (SurrIDGE *et al.*, 1999). Los conejos consumen una gran variedad de plantas, aunque prefieren las herbáceas y leguminosas (Bakker *et al.*, 2005; Miranda *et al.*, 2009), y también son capaces de seleccionar las plantas en relación a su estado de desarrollo (Chapuis, 1990). Cuando los recursos escasean (verano) o la cobertura herbácea es muy baja, es capaz de alimentarse de arbustos, frutos y/o la corteza de los árboles (Martins *et al.*, 2002; Ferreira y Alves, 2009). En zonas húmedas cercanas a riberas y lagunas hay un consumo frecuente de Cyperaceae, Juncaceae y *Phragmites australis*. En bosques de coníferas (*Pinus*), la dieta se basa en líquenes, hongos, musgos y acículas en invierno (Alves *et al.*, 2006).

En segundo lugar, en el caso de *Otis tarda* (Tabla 3), por su estado de conservación (vulnerable) en la Comunidad de Madrid. La avutarda aparece en Europa, mayoritariamente, en poblaciones en declive y fragmentadas (Tucker y Heath, 1994). Más de la mitad de la población mundial se concentra en la Península Ibérica (Alonso y Alonso, 1996). En la Comunidad de Madrid, sus poblaciones se encuentran amenazadas por varias razones: cambios de uso en los sistemas agrarios (y, en especial, por el aumento en el uso de fitosanitarios asociado a la intensificación agraria, instalación de vallados, disminución de lindes y setos, abandono de tierras de labor poco productivas, disminución del uso de la práctica del barbecho, etc. Otras amenazas son la depredación y la mortalidad en tendidos eléctricos (Consejería de Medio Ambiente, Comunidad de Madrid: *Plan de Gestión de la ZEC de los ríos Jarama y Henares*, 2010). En lo que respecta a la dieta de la avutarda, el principal componente son las plantas verdes (tanto silvestres como cultivadas), pero en primavera y verano los artrópodos adquieren cierta importancia y, ocasionalmente los pequeños roedores. En la Comunidad de Madrid, la dieta de la avutarda consta de un 94% de materia vegetal (la familia más seleccionada fue la de las leguminosas, siendo la veza -*Vicia sativa*-, el

garbanzo, la alfalfa -*Medicago sativa*- y el guisante -*Pisum sativum*- los principales constituyentes), 4% de invertebrados y 2% de semillas (Bravo, 2006; Barreiro, 2007).

Por último, la elección de *Myotis myotis* (Tabla 4) atiende también, al igual que la avutarda, a su estado de conservación (vulnerable) en la Comunidad de Madrid. Las principales amenazas que afectan a las poblaciones de quirópteros en la Comunidad de Madrid (Consejería de Medio Ambiente, Comunidad de Madrid: *Plan de Gestión de la ZEC de los ríos Jarama y Henares*, 2010) se pueden agrupar en aquéllas que inciden directamente sobre los refugios (perturbaciones humanas directas, frecuentación de las cuevas por espeleólogos y otras personas y la remodelación y rehabilitación de edificios) y las que afectan indirectamente a los hábitats y a la cadena trófica de las especies (pérdida de hábitats y de zonas de encharcamiento y áreas húmedas y la aplicación de biocidas que reducen la oferta alimentaria y que generan procesos de toxicidad en los individuos). Su distribución se asocia a los bosques caducifolios, debido a la mayor densidad de presas y por la mejor accesibilidad a los refugios de las presas debido a la falta de vegetación en el suelo y los refugios naturales ubicados en cantiles y laderas de los cursos fluviales. También manifiesta una creciente tendencia a la cría en refugios antropógenos (a los que se ha adaptado secundariamente). El territorio de caza suele situarse próximo a la ubicación de la colonia, y es habitual que capturen muchas presas en el suelo. Su dieta se basa principalmente en invertebrados terrestres de talla grande (15-25 mm).

Tabla 1. Listado de hábitats para las distintas especies. Fuente: Elaboración propia a partir de Lane, S.J., *et al.*, 2001; Moreira, F., Morgado, R., Arthur, S., 2004; Pérez, S.S., *et al.*, 2008; Rudolph, B.U., *et al.*, 2009.

Especie		Hábitats		
Nombre científico	Nombre común	Preferidos	Evitados	Fuentes
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Conejo común	Matorral, lindes, bosques, cultivos de maíz, cereal, pastizales	Zonas abiertas (campos de heno, barbechos, etc.), edificios	Pérez, S.S., <i>et al.</i> , 2008
<i>Otis tarda</i>	Avutarda	Cultivos de alfalfa de secano, cereales con dos años de rotación cultivados tradicionalmente, rastros, márgenes de ríos, barbechos	Zonas aradas y no cultivadas	Lane, S.J., <i>et al.</i> , 2001; Moreira, F., Morgado, R., Arthur, S., 2004
<i>Myotis myotis</i>	Murciélago ratonero grande	Bosques caducifolios, bosques mixtos, bosques de coníferas	Zonas abiertas y sin árboles	Rudolph, B.U., <i>et al.</i> , 2009

4. FUENTES Y METODOLOGÍA

El 27 de junio de 1985, de acuerdo a una decisión del Consejo de Ministros de la Unión Europea (CE/338/85), se inicia el Programa CORINE, *CoORDination of INformation of the Environment*: "un proyecto experimental para la recopilación, la coordinación y la homogenización de la información sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales en la Comunidad". Dentro de este programa se crea el proyecto **CORINE Land Cover (CLC)** - desde 1995 responsabilidad de la Agencia Europea del Medio Ambiente - con el objetivo fundamental de obtener una base de datos europea de ocupación del suelo a escala 1:100.000, útil para el análisis territorial y la gestión de políticas europeas (EEA, 1995; EEA, 2006). CLC presenta las siguientes características:

- Escala de Referencia: 1:100.000.
- Sistema geodésico de referencia ETRS89 y Sistema cartográfico de representación UTM.
- Fotointerpretación sobre imagen de referencia Landsat TM en el año 1990, Landsat7 en el año 2000 e imágenes SPOT4 en el año 2006.

- Unidad mínima cartografiable: 25 ha, en el caso de cambios en la ocupación del suelo: 5 ha.
- Clasificación jerárquica de hasta 5 niveles con 44 clases de coberturas y usos del suelo.

Se pretende aquí utilizar los datos de CLC de los años 2000 y 2006 de la Comunidad de Madrid y la provincia de Guadalajara del nivel 3 en la aplicación de para observar los cambios en los hábitats para las tres especies mencionadas.

Para poder realizar nuestro objetivo de evaluación del estado y los cambios en el hábitat de nuestras tres especies (conejo, avutarda y murciélago ratonero grande) y facilitar la integración de los servicios ecosistémicos en la EAE y la planificación ambiental territorial, se utilizaron fuentes y capas de libre disposición (en formato shape de ArcGis) en los software ArcGis y TerrSet: los términos municipales del Corredor del Henares, la base de coberturas del suelo del CLC de los años 2000 y 2006 y la Red de Espacios Naturales Protegidos (Tabla 5). Con respecto a la capa de los términos municipales, cabe destacar que esta solo tiene presente los límites administrativos oficiales del Corredor del Henares; sin embargo, en los mapas diseñados se ha elegido una ventana con una extensión mayor, lo que podría denominarse su contexto territorial o geográfico, ya que, es bien sabido, los procesos ecológicos no entienden de fronteras administrativas. Estas capas fueron manipuladas con el fin de obtener los resultados de **Habitat Assessment** y **Habitat Change**. La metodología empleada, en su mayoría, fue la de *Reclasificación* de las clases de coberturas del CLC, para reducir el elevado número de categorías de coberturas del suelo del Corredor (27) a sólo las que resultaban de interés para cada una de nuestras especies (Tablas 2, 3 y 4): 12 para *Oryctolagus cuniculus*, 9 para *Otis tarda* y para *Myotis myotis*, que son las más representativas para estas especies de acuerdo a la bibliografía consultada en el apartado anterior (Tabla 1).

Tabla 2. Reclasificación de usos del suelo representativos para *Oryctolagus cuniculus*. Los colores indican el gradiente de idoneidad de hábitat para la especie: preferido (verde oscuro), evitado (rojo) y neutro (gris). Fuente: Elaboración propia a partir de Pérez, S.S., *et al.*, 2008.

Conejo común (<i>Oryctolagus cuniculus</i>)					
Nueva clase	Clases CLC	Descripción	Nueva clase	Clases CLC	Descripción
1	111, 112, 121, 122, 124, 131, 133, 141, 142	Suelo urbano (excepto clase 2)	7	243	Tierras principalmente ocupadas por agricultura (con vegetación natural)
2	132	Escombreras y vertederos	8	311, 312, 313	Superficies boscosas
3	211	Tierras de labor: seco y barbecho	9	231, 321	Pastizales y pastos naturales
4	212	Tierras de labor: regadío	10	323, 324	Matorral esclerófilo
5	221, 222, 223	Cultivos leñosos permanentes	11	333	Zonas con escasa o nula vegetación
6	242, 244	Zonas agrícolas mixtas	12	512	Zonas húmedas y superficies de agua

Tabla 3. Reclasificación de usos del suelo representativos para *Otis tarda*. Los colores indican el gradiente de idoneidad de hábitat para la especie: preferido (verde oscuro), evitado (rojo) y neutro (gris). Fuente: Elaboración propia a partir de Lane, S.J., *et al.*, 2001 y Moreira, F., Morgado, R., Arthur, S., 2004.

Avutarda (<i>Otis tarda</i>)					
Nueva clase	Clases CLC	Descripción	Nueva clase	Clases CLC	Descripción
1	111, 112, 121, 122, 124, 131, 132, 133, 141, 142	Suelo urbano	6	242	Cultivos ocasionales y mixtos con permanentes
2	211	Tierras de labor: seco	7	243, 244	Zonas mixtas y explotación agroforestal
3	212	Tierras de labor: regadío	8	311, 312, 313, 323, 324, 333	Usos forestales, vegetación natural y espacios abiertos
4	221, 222, 223	Cultivos leñosos permanentes	9	512	Zonas húmedas y superficies de agua
5	231, 321	Pastizales y pastos naturales			

Tabla 4. Reclasificación de usos del suelo representativos para *Myotis myotis*. Los colores indican el gradiente de idoneidad de hábitat para la especie: preferido (verde oscuro), evitado (rojo) y neutro (gris).

Fuente: Elaboración propia a partir de Rudolph, B.U., *et al.*, 2009.

Murciélago ratonero grande (<i>Myotis myotis</i>)					
Nueva clase	Clases CLC	Descripción	Nueva clase	Clases CLC	Descripción
1	111, 112, 121, 122, 124, 131, 132, 133, 141, 142	Suelo urbano	6	313	Bosques mixtos
2	211, 212, 221, 222, 223, 231, 242	Usos agrícolas	7	321, 323, 324	Vegetación arbustiva y herbácea
3	243, 244	Zonas agrícolas mixtas	8	333	Zonas con escasa o nula vegetación
4	311	Bosques caducifolios	9	512	Zonas húmedas y superficies de agua
5	312	Bosques de coníferas			

Tabla 5. Capas empleadas para la elaboración del estudio. Fuente: Elaboración propia.

Descripción	Fuente de datos	Nombre	Directorio ESRI
Términos municipales	SHAPE	MUNICIPIOS_CORREDOR	Proyecto SIMURBAN_2\BdD-CORREDOR\1-LIMITES_CORREDOR
Espacios Naturales Protegidos	SHAPE	ENP_Corredor	Proyecto SIMURBAN_2\BdD-CORREDOR\7-ESPACIOS_PROTEGIDOS_CORREDOR
Cobertura del Suelo de CORINE LAND COVER 2006	SHAPE	CLC06_NIVEL3_CorredorHenares	Proyecto SIMURBAN_2\BdD-CORREDOR\13-CLC_CORREDOR
Cobertura del Suelo de CORINE LAND COVER 2000	SHAPE	CLC00_NIVEL3_CorredorHenares	Proyecto SIMURBAN_2\BdD-CORREDOR\13-CLC_CORREDOR

5. RESULTADOS

Tras realizar el análisis de los hábitats preferidos (Tabla 6), podemos observar que el hábitat preferido del conejo ocupaba, en el año 2006, un 84,1% de la zona de estudio del Corredor del Henares (casi un 3% menos que en el año 2000, con un 86,99%), por lo que, en consecuencia, estaríamos evaluando la distribución del hábitat de otras muchas especies. En los casos de la avutarda (48,36% en el 2000 y 46,4% en 2006) y el murciélago ratonero grande (5,77% en el 2000 y 5,75% en 2006) no podríamos llegar a la misma conclusión.

Tabla 6. Análisis de hábitats (2000-2006). Los colores indican el gradiente de idoneidad de hábitat para la especie: preferido (verde oscuro), evitado (rojo) y neutro (gris). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CLC06; Lane, S.J., *et al.*, 2001; Moreira, F., Morgado, R., Arthur, S., 2004; Pérez, S.S., *et al.*, 2008; Rudolph, B.U., *et al.*, 2009.

<i>Oryctolagus cuniculus</i>			<i>Otis tarda</i>			<i>Myotis myotis</i>		
Nueva clase	2000 (%)	2006 (%)	Nueva clase	2000 (%)	2006 (%)	Nueva clase	2000 (%)	2006 (%)
1. Suelo urbano	12,65	15,46	1. Suelo urbano	12,8	15,07	1. Suelo urbano	12,8	15,07
2. Escombreras y vertederos	0,14	0,24	2. Tierras de labor: seco	43,28	41,42	2. Usos agrícolas	55,81	53,71
3. Tierras de labor: seco y barbecho	43,28	41,42	3. Tierras de labor: regadío	5,46	5,35	3. Zonas agrícolas mixtas	8,81	8,79
4. Tierras de labor: regadío	5,46	5,35	4. Cultivos leñosos permanentes	1,83	1,8	4. Bosques caducifolios	4,56	4,54
5. Cultivos leñosos permanentes	1,83	1,80	5. Pastizales y pastos naturales	5,61	5,40	5. Bosques de coníferas	0,84	0,84
6. Zonas agrícolas mixtas	7,28	7,16	6. Cultivos ocasionales y mixtos con permanentes	5,08	4,96	6. Bosques mixtos	0,37	0,37
7. Tierras principalmente ocupadas por agricultura (con vegetación natural)	6,61	6,59	7. Zonas mixtas y explotación agroforestal	8,81	8,79	7. Vegetación arbustiva y herbácea	16,58	16,23
8. Superficies boscosas	5,78	5,76	8. Usos forestales, vegetación natural y espacios abiertos	17,03	16,85	8. Zonas con escasa o nula vegetación	0,1	0,09
9. Pastizales y pastos naturales	5,61	5,40	9. Zonas húmedas y superficies de agua	0,09	0,09	9. Zonas húmedas y superficies de agua	0,09	0,09
10. Matorral esclerófilo	11,14	10,63	Total	100	100	Total	100	100
11. Zonas con escasa o nula vegetación	0,1	0,09	Porcentaje Preferidos	48,36%	46,4%	Porcentaje Preferidos	5,77%	5,75%
12. Zonas húmedas y superficies de agua	0,09	0,09						
Total	100	100						
Porcentaje Preferidos	86,99%	84,1%						

Los *inputs* de la herramienta de *Evaluación del Hábitat* incluyen las capas de cobertura del suelo y, opcionalmente, un mapa de idoneidad del hábitat. En este caso, vamos a considerar el hábitat para el conejo, la avutarda y el murciélago ratonero grande en el Corredor del Henares, con el mapa opcional de idoneidad del hábitat (*Habitat suitability*, Anexo V); mientras que los *inputs* de *Cambios en el Hábitat* son solamente dos: el primer año realizado de *Evaluación del Hábitat* (2000) y el segundo (2006).

Este análisis sobre los distintos hábitats preferidos o evitados por las especies son los que serán manipulados en CLC00 y CLC06 y, posteriormente, integrados en **TerrSet**:

- Introducimos las capas CLC00 y CLC06 en el software ArcGis, y las transformamos en formato ráster.
- Realizamos una reclasificación sobre estas nuevas capas ráster en función de las categorías que queremos para cada especie (Anexos II, III y IV).
- Obtenemos las clases de usos del suelo más representativas según la especie (Tablas 2, 3 y 4).
- Creamos el mapa de *Habitat suitability* en ArcGis y lo importamos en TerrSet como un archivo ráster (Anexo V).
- En el módulo vertical de *Habitat and Biodiversity Modeler*, abrimos la pestaña de *Habitat Assessment* e introducimos los siguientes datos (Tablas 7a, 7b, 8a, 8b, 9a y 9b), incluyendo como potenciales hábitats solo los Hábitats Primarios (de 1 a 0,75 en *Habitat suitability*), marcando la casilla opcional de tener en cuenta *Habitat suitability*:

Tabla 7a. Parámetros de las clases de coberturas del suelo para *Oryctolagus cuniculus* en *Habitat Assessment*. Fuente: Elaboración propia a partir de Pérez, S.S., *et al.*, 2008.

Clase	Habitat suitability (1-0,75; 0,75-0,5; 0,5-0,3; 0,3-0,1; 0)	Incluir como hábitat potencial ¹	Gap distance within range ²	Gap distance outside range ³	Clase	Habitat suitability (1-0,75; 0,75-0,5; 0,5-0,3; 0,3-0,1; 0)	Incluir como hábitat potencial ¹	Gap distance within range ²	Gap distance outside range ³
1. Suelo urbano (excepto clase 2)	Inadecuado: 0	No	0	400	7. Tierras principalmente ocupadas por agricultura (con vegetación natural)	Hábitat Primario: 1	Sí	na	na
2. Escombreras y vertederos	Hábitat Secundario: 0,5	No	0	65	8. Superficies boscosas	Hábitat Primario: 0,75	Sí	na	na
3. Tierras de labor: secano y barbecho	Hábitat Primario: 0,8	Sí	na	na	9. Pastizales y pastos naturales	Hábitat Primario: 0,75	Sí	na	na
4. Tierras de labor: regadío	Hábitat Primario: 0,85	Sí	na	na	10. Matorral esclerófilo	Hábitat Primario: 0,95	Sí	na	na
5. Cultivos leñosos permanentes	Hábitat Secundario: 0,65	No	32	100	11. Zonas con escasa o nula vegetación	Corredor Potencial Secundario: 0,1	No	65	500
6. Zonas agrícolas mixtas	Hábitat Primario: 0,8	Sí	na	na	12. Zonas húmedas y superficies de agua	Inadecuado: 0	No	32	100

Tabla 8a. Parámetros de las clases de coberturas del suelo para *Otis tarda* en *Habitat Assessment*. Fuente: Elaboración propia a partir de Lane, S.J., *et al.*, 2001 y Moreira, F., Morgado, R., Arthur, S., 2004.

Clase	Habitat suitability (1-0,75; 0,75-0,5; 0,5-0,3; 0,3-0,1; 0)	Incluir como hábitat potencial ¹	Gap distance within range ²	Gap distance outside range ³	Clase	Habitat suitability (1-0,75; 0,75-0,5; 0,5-0,3; 0,3-0,1; 0)	Incluir como hábitat potencial ¹	Gap distance within range ²	Gap distance outside range ³
1. Suelo urbano	Inadecuado: 0	No	0	400	6. Cultivos ocasionales y mixtos con permanentes	Hábitat Primario: 0,8	Sí	na	na
2. Tierras de labor: secano	Hábitat Primario: 1	Sí	na	na	7. Zonas mixtas y explotación agroforestal	Corredor Potencial Primario: 0,4	No	50	1500
3. Tierras de labor: regadío	Hábitat Primario: 0,75	Sí	na	na	8. Usos forestales, vegetación natural y espacios abiertos	Corredor Potencial Secundario: 0,2	No	65	2000
4. Cultivos leñosos permanentes	Corredor Potencial Secundario: 0,3	No	32	100	9. Zonas húmedas y superficies de agua	Inadecuado: 0	No	32	100
5. Pastizales y pastos naturales	Corredor Potencial Primario: 0,4	No	65	2000					

Tabla 9a. Parámetros de las clases de coberturas del suelo para *Myotis myotis* en *Habitat Assessment*. Fuente: Elaboración propia a partir de Rudolph, B.U., *et al.*, 2009.

Clase	Habitat suitability (1-0,75; 0,75-0,5; 0,5-0,3; 0,3-0,1; 0)	Incluir como hábitat potencial ¹	Gap distance within range ²	Gap distance outside range ³	Clase	Habitat suitability (1-0,75; 0,75-0,5; 0,5-0,3; 0,3-0,1; 0)	Incluir como hábitat potencial ¹	Gap distance within range ²	Gap distance outside range ³
1. Suelo urbano	Hábitat secundario: 0,52	No	0	300	6. Bosques mixtos	Hábitat Primario: 0,9	Yes	na	na
2. Usos agrícolas	Corredor Potencial Primario: 0,32	No	50	700	7. Vegetación arbustiva y herbácea	Corredor Potencial Secundario: 0,1	No	30	200
3. Zonas agrícolas mixtas	Corredor Potencial Primario: 0,4	No	65	500	8. Zonas con escasa o nula vegetación	Inadecuado: 0	No	65	1000
4. Bosques caducifolios	Hábitat Primario: 1	Yes	na	na	9. Zonas húmedas y superficies de agua	Inadecuado: 0	No	32	100
5. Bosques de coníferas	Hábitat Primario: 0,8	Yes	na	na					

Tabla 7b. Parámetros de las clases de coberturas del suelo para *Oryctolagus cuniculus* en *Habitat Assessment*.

Fuente: Elaboración propia a partir de Pérez, S.S., *et al.*, 2008.

Hábitat Primario		Hábitat Secundario		Corredor Potencial Primario		Corredor Potencial Secundario	
Minimum core area ⁴	5 km ²	Minimum core area ⁴	2 km ²				
Min. edge buffer ⁵	100 m	Min. edge buffer ⁵	100 m	Min. edge buffer ⁵	100 m	Min. edge buffer ⁵	60 m
Minimum habitat suitability ⁶ : 0,75		Minimum habitat suitability ⁶ : 0,5		Minimum habitat suitability ⁶ : 0,25		Minimum habitat suitability ⁶ : 0	

Tabla 8b. Parámetros de las clases de coberturas del suelo para *Otis tarda* en *Habitat Assessment*. Fuente:

Elaboración propia a partir de Lane, S.J., *et al.*, 2001 y Moreira, F., Morgado, R., Arthur, S., 2004.

Hábitat Primario		Hábitat Secundario		Corredor Potencial Primario		Corredor Potencial Secundario	
Minimum core area ⁴	5 km ²	Minimum core area ⁴	2 km ²				
Min. edge buffer ⁵	150 m	Min. edge buffer ⁵	100 m	Min. edge buffer ⁵	150 m	Min. edge buffer ⁵	80 m
Minimum habitat suitability ⁶ : 0,75		Minimum habitat suitability ⁶ : 0,5		Minimum habitat suitability ⁶ : 0,25		Minimum habitat suitability ⁶ : 0	

Tabla 9b. Parámetros de las clases de coberturas del suelo para *Myotis myotis* en *Habitat Assessment*. Fuente:

Elaboración propia a partir de Rudolph, B.U., *et al.*, 2009.

Hábitat Primario		Hábitat Secundario		Corredor Potencial Primario		Corredor Potencial Secundario	
Minimum core area ⁴	1 km ²	Minimum core area ⁴	0,5 km ²				
Min. edge buffer ⁵	100 m	Min. edge buffer ⁵	100 m	Min. edge buffer ⁵	100 m	Min. edge buffer ⁵	60 m
Minimum habitat suitability ⁶ : 0,75		Minimum habitat suitability ⁶ : 0,5		Minimum habitat suitability ⁶ : 0,25		Minimum habitat suitability ⁶ : 0	

¹*Incluir como hábitat potencial*: Cualquier tipo de cobertura del suelo procedente de los mapas de coberturas del suelo de cada especie puede ser incluido; no obstante, se optó por incluir solamente los hábitats potencialmente preferidos por cada especie.

²*Gap Distance Within Range*: Este parámetro se refiere a los huecos dentro del área de acción de la especie. No necesita ser especificado por los tipos de cobertura incluidos como componentes potenciales de hábitat.

³*Gap Distance Outside Range*: Este parámetro hace referencia a la capacidad de dispersión que tiene la especie; además, determina qué áreas pueden servir como corredores potenciales y su longitud.

⁴*Minimum Core Area*: En el caso de los Hábitats Primarios, constituye el área mínima de distribución de la especie, excluyendo cualquier buffer; y en el caso de los Hábitats Secundarios, la zona núcleo está más relacionada con la abundancia de forraje.

⁵*Minimum Edge Buffer*: Corresponde al tamaño y distancia que han de tener los buffer respecto a las actividades humanas.

⁶*Minimum Habitat Suitability*: Es un parámetro opcional. Para cada categoría de los principales hábitats y corredores se establece una adecuación mínima para su inclusión en esa categoría (de 1 a 0).

(Eastman, J.R, 2015b. *TerrSet Manual*. Clark Labs. Universidad de Clark, MA (EE.UU)).

- Introduciendo los datos de las Tablas 7a y 7b, 8a y 8b, y 9a y 9b obtenemos los mapas de *Habitat Assessment* para cada especie (Anexos VI, VII y VIII) en los dos años (2000 y 2006). Una vez realizado *Habitat Assessment*, ejecutamos el ejercicio de *Habitat Change* (Figs. 5, 6 y 7), insertando, como primer *input*, el mapa de *Habitat Assessment* del año 2000 para las tres especies y, como segundo *input*, el del año 2006:

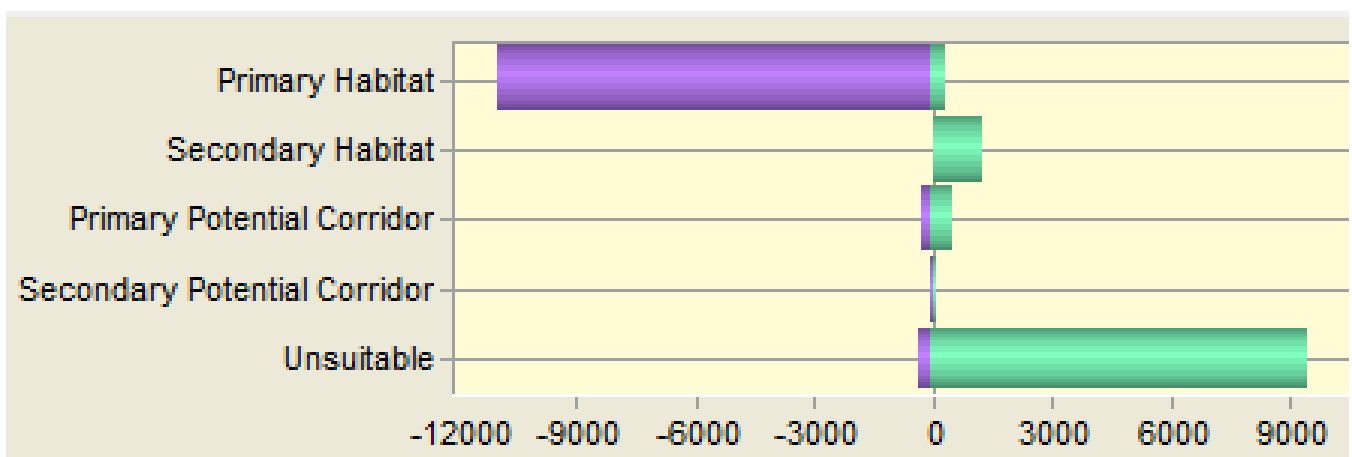


Fig. 5. *Habitat Change* para *Oryctolagus cuniculus* (2000-2006) en TerrSet.

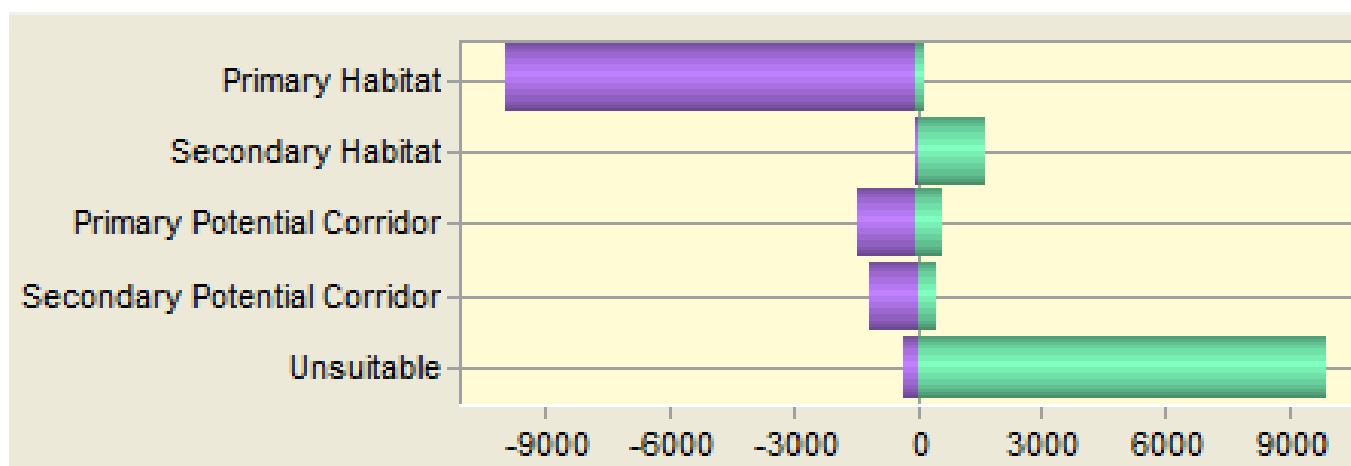


Fig. 6. *Habitat Change para Otis tarda (2000-2006) en TerrSet.*

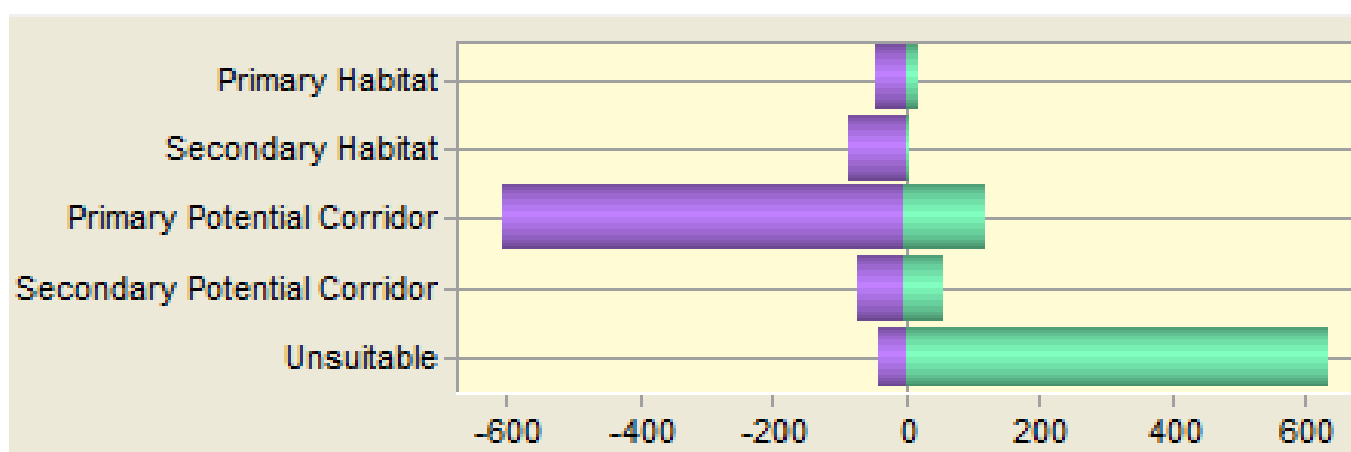


Fig. 7. *Habitat Change para Myotis myotis (2000-2006) en TerrSet.*

Los resultados obtenidos del análisis de *Habitat Assessment* y *Habitat Change* muestran tres resultados muy diferentes según la especie, ya que cada una es de un tipo de biotopo distinto. En el caso de *Habitat Assessment* (2006) para *Oryctolagus cuniculus* (Anexo VI), podemos observar que el Hábitat Primario tiene una gran extensión (84,1% del territorio en el año 2006), tal y como se mostraba en la Tabla 6. Podemos observar que existen cuatro grandes núcleos de Hábitats Secundarios en el este y sur del Corredor del Henares (teniendo mayor relevancia en cuanto a extensión los situados entre Getafe y Madrid, en el extremo suroeste; el eje de la Radial 3 entre Vicálvaro y Coslada; la zona norte de Madrid-Alcobendas; y el núcleo situado entre Arganda del Rey y Campo Real), varias zonas donde existen Corredores Potenciales Primarios que rodean a las urbanizaciones (sobre todo en el este del Corredor: Horche, Romanones, Valdeavellano, Loranca de Tajuña, Yebra, Hontoba..., al sur: eje Arganda

del Rey-Campo Real-Loeches, y el parche situado entre Coslada y Madrid) y dos zonas con Corredores Potenciales Secundarios (destacan los de Rivas Vaciamadrid al sur, y los Loranca de Tajuña, Aranzueque y Hueva, al este). Además, podemos comparar los cambios en el hábitat sufridos entre los años 2000 y 2006 gracias a los resultados proporcionados por *Habitat Change* (Fig. 5), donde se puede observar que, en el caso del conejo, los Hábitats Primarios son los que más han reducido su extensión (aproximadamente 12.000 Ha), en detrimento de las zonas inadecuadas (principalmente de las zonas urbanas, con 9.000 Ha más). No obstante, no sólo se aprecia un aumento de unas 1.500 Ha de Hábitats Secundarios para el conejo, si no que apenas ha disminuido su extensión (cabe destacar que la mayoría de estas nuevas zonas son eriales, zonas urbanizadas abandonadas a causa de la crisis y zonas de extracción y vertido donde los conejos encuentran posibles hábitats). Los Corredores Potenciales Primarios aumentan en unas 1.000 Ha y los Secundarios se mantienen prácticamente estables.

En segundo lugar, *Otis tarda* en *Habitat Assessment* (Anexo VII) muestra una zona más reducida que la del conejo en cuanto a Hábitat Primario (la mayor extensión se encuentra al norte de la Autovía de Barcelona, en las estepas cerealistas de Daganzo de Arriba-Algete-Fuente el Saz de Jarama-Valdetorres de Jarama-Talamanca de Jarama y su ampliación hacia Guadalajara; y la zona sur, más fragmentada y dividida en Hábitats Secundarios y Corredores, donde Pozuelo del Rey y Campo Real presentan una mayor extensión de Hábitat Primario) y más zonas calificadas como inadecuadas. En cuanto a los Hábitats Secundarios, encontramos varios enclaves: el eje del río Jarama a la altura de El Molar-Talamanca de Jarama-Torrelaguna, en el extremo norte; dos parches en Alcobendas-Fuencarral; tres parches en Vicálvaro y Ensanche de Vallecas-Valdemingómez en Madrid; eje del río Manzanares en Rivas Vaciamadrid; sur del municipio de Alcalá de Henares; Los Santos de la Humosa; Fuentenovilla; el eje del Tajuña, en el extremo oriental, a la altura de Aranzueque-Renera-Moratilla de los Meleros y Lupiana. También hemos de destacar la gran abundancia de Corredores, tanto Primarios como Secundarios, en el Corredor del Henares para la avutarda (la mayoría localizados en el este de la zona de estudio, en el valle del Tajuña, pero también presentes en el eje de la A1: El Molar-El Vellón-Pedrezuela; el Soto de Viñuelas; y en el Parque del Sureste, en la confluencia del Manzanares y Jarama). Comparando los dos años en *Habitat Change* (Fig. 6), el hábitat de la avutarda sigue las mismas tendencias

que el conejo en cuanto a descenso del Hábitat Primario e incremento de las zonas inadecuadas. La diferencia la podríamos encontrar en que los Hábitats Secundarios crecen en unas 2.000 Ha y que los dos tipos de Corredores disminuyen en unas 1.500 Ha.

Para finalizar el estudio de los resultados, en último lugar analizamos *Habitat Assessment* para *Myotis myotis* (Anexo VIII). Al haber determinado en el programa que queríamos incluir únicamente como hábitats potenciales los tres tipos de coberturas forestales (caducifolias, coníferas y mixtas), las zonas de Hábitats Primarios se limitan a los valles fluviales (sobre todo los del Tajuña y afluentes, al este; el Henares, entre los términos municipales de Alcalá de Henares y Villalbilla; el Jarama a la altura de Torrelaguna-Talamanca-Valdetorres, río abajo en San Sebastián de los Reyes y Paracuellos de Jarama y en Rivas Vaciamadrid; y el extremo norte, con los arroyos de Valdenuño, Torote, etc.) y las extensiones septentrionales de encinares del Monte de El Pardo y el Soto de Viñuelas, al oeste. Todos los Hábitats Primarios y Secundarios aparecen “protegidos” por las bandas de los Corredores Potenciales Primarios, muy abundantes, y los secundarios, de menor extensión y concentrados en mayor medida al noroeste del Corredor (Guadalix de la Sierra, San Agustín de Guadalix). Si comparamos las dos fechas con *Habitat Change* (Fig. 7), se puede apreciar que la categoría más afectada es la de los Corredores Potenciales Primarios (con 600 Ha menos en el año 2006 con respecto al año 2000) debido al incremento de las zonas inadecuadas (también 600 Ha más en el 2006). Los Corredores Potenciales Secundarios se mantienen estables (aproximadamente se pierden las mismas Ha que se ganan) y los Hábitats Secundarios se reducen en unas 100 Ha.

6. DISCUSIÓN

La posibilidad de modificar los parámetros que describen los requerimientos espaciales de las especies (a falta de datos empíricos contrastados), la elocuencia de la cartografía analítica (distribución de hábitats y corredores primarios y secundarios) y de los resultados numéricos resultan recursos interesantes en la EAE de los planes territoriales y en su necesaria discusión pública.

Como recuerdan Baker *et al.*, (2013), los servicios ecosistémicos otorgan un valioso marco potencial para la evaluación ambiental. Por tanto, realizaron un listado para marcar una base sobre las fortalezas y debilidades que existen en la utilización de los servicios ecosistémicos integrados en la EAE. De dicho listado, en este trabajo hemos podido constatar muchas de ellas. Tras haber comprobado las posibilidades de conversión de los mapas de hábitats para especies determinadas, estimamos que incorporar los servicios ecosistémicos en la evaluación ambiental ayuda a los encargados de tomar las decisiones y los profesionales a reflexionar sobre el impacto en el medio ambiente que podrían tener sus planes, programas o proyectos (Eales *et al.*, 2011). Por lo mismo, el concepto de servicio ecosistémico forma un encuadre eficaz del medio ambiente en términos de comunicación e influencia sobre los “*stakeholders*” y los tomadores de decisiones. Es decir, comunicar a éstos el valor de fundar y crear nuevas infraestructuras verdes para aumentar el valor y la distribución espacial de los servicios ecosistémicos, a la vez que se ayuda a restaurar hábitats degradados.

En general, emplear los servicios ecosistémicos presenta una consideración del sistema socio-ecológico más completo, holístico e integrado. Además, el concepto de servicios ecosistémicos en un término integrador que considera a los mismos un conjunto de servicios derivados del medio ambiente.

No obstante, reconocemos también con los citados autores que el uso del lenguaje de los servicios ecosistémicos y la complejidad del concepto puede no ser de empleo y entendimiento común entre todos los “*stakeholders*” (DEFRA, 2007b), que puede ser potencialmente costoso (WRI, 2011) y no relevante para todos los planes. La difusión entre profesionales y “*stakeholders*” de las posibilidades de productos

cartográficos como los que aquí se muestran de forma preliminar, puede ir limando algunas de estas dificultades.

Es necesario señalar, sin embargo, que las limitaciones a las que se ve sometido este trabajo, lamentablemente, son aquellas relacionadas con los parámetros y requerimientos de distribución de las especies que debieran haber sido contrastados con un panel de expertos. Los parámetros incluidos en este trabajo para la realización de *Habitat Assessment* parten, en su mayoría, de las deducciones extraídas de la bibliografía que se cita en cada especie. No obstante, no existen trabajos previos sobre los parámetros introducidos en TerrSet para estas tres especies, por lo que precisan de un contraste con estudios empíricos de especies parecidas o representativas para ajustar estos parámetros. Nuestro trabajo, en cualquier caso, también podría ser visto como un diseño de escenarios.

7. CONCLUSIONES

La evaluación preliminar y a escala territorial realizada del estado y de los cambios en el hábitat de nuestras tres especies, conejo, avutarda y murciélago ratonero grande, ha mostrado la posibilidad de la integración, al menos parcial, de los Servicios Ecosistémicos en una nueva y deseable planificación territorial de base ecológica en el Corredor del Henares. Las nuevas herramientas integradas en el software TerrSet y, concretamente, el módulo vertical *Habitat and Biodiversity Modeler*, con sus aplicaciones *Habitat Assessment* y *Habitat Change*, facilitan la realización de estos análisis y su integración en un contexto cartográfico y de análisis espacial que combine otras capas de información necesarias en la planificación territorial.

A través de estas dos herramientas, se puede realizar y facilitar esta integración de manera que, como se muestra en los datos, resultados y mapas obtenidos, las Administraciones competentes y empresas involucradas puedan disponer de una mayor información, lo que completa un proceso más participativo, informado, ecológico y sostenible, en relación a las zonas de interés de alto valor natural y ecológico (tanto protegidas como no protegidas) que aún conserva el Corredor del Henares a pesar de su elevada urbanización y creciente influencia de la expansión metropolitana de Madrid. Por lo tanto, la cartografía de los Servicios Ecosistémicos y el análisis de los usos y

coberturas del suelo y los cambios en la ocupación, facilitan la integración de estos en la EAE y los planes e instrumentos de ordenación territorial a escalas intermedias.

La situación de las especies seleccionadas en el Corredor del Henares muestra tres estadios diferentes. Sin embargo, las tres se encuentran fragmentadas, en mayor o menor medida, por las infraestructuras y núcleos de población situados en el eje vertebrador del Corredor: la Autovía del Nordeste (A2), la cual deja, en los tres casos, una clara diferenciación entre las estepas cerealistas del norte y oeste de la autovía y los páramos y valle del Jarama y Tajuña en el este y sur de la misma. Los mapas obtenidos (Anexos VI, VII y VIII) visualizan la situación y podrían mostrar tendencias futuras, útil en la evaluación de escenarios de cambio global y climático, y muestran, pues, ser una valiosa herramienta de reflexión y comunicación con los agentes que transforman el territorio. Podemos decir, entonces, que la selección de nuestras especies y hábitats ha sido acertada.

Tras haber realizado el estudio de los resultados, se puede decir que pueden ser aplicados, dentro de la EAE, a la definición de planes territoriales. Por lo tanto, es posible integrar los servicios ecosistémicos en la EAE a través del estudio y cartografía de los servicios ecosistémicos y los cambios en la ocupación del suelo. Los resultados obtenidos en *Habitat Assessment* y *Habitat Change* nos ofrecen unas deducciones bastante relevantes, ya que demuestran que existen posibilidades para mejorar la planificación urbana y ecológica a escala local y comarcal. La metodología de actuación multiescalar llevada a cabo en esta tesis, permite facilitar la elaboración de planes y propuestas de ordenación territorial más sostenibles y ecológicas y, en consecuencia, un desarrollo del territorio más equilibrado.

El diseño futuro del Corredor del Henares, aquel que interrelacione e integre el desarrollo metropolitano, la restauración ecológica, la conservación y la protección de espacios naturales de interés natural (protegidos o no) es posible, desde la escala microlocal hasta la escala comarcal. Este diseño futuro deberá atender, en la medida de lo posible, a los diferentes hábitats y corredores ecológicos presentes en el Corredor del Henares, los usos y las coberturas del suelo, así como sus cambios en extensión y ocupación, y teniendo presente, siempre que sea posible, las infraestructuras verdes ya definidas y clasificadas para el Corredor (Rodríguez-Espinosa, V.M., *et al.*, 2015).

8. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mi familia el enorme apoyo e inversión en mis estudios para formarme como persona y profesional. En segundo lugar, a las universidades de Alcalá de Henares, por su cálida acogida como nuevo estudiante, y Complutense de Madrid, una vez más, por estar ahí siempre que he necesitado ayuda sobre cuestiones administrativas, entre otras.

En último lugar, y no por ello menos importante, también a la Profesora D^a María Jesús Salado, tutora y directora de este Trabajo de Fin de Máster, por su apoyo, enseñanzas y liderazgo.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Anonymous, 2010. *GLOBIO 3 – Global Biodiversity Outlook 3*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montréal, Canada.
- Alonso, J.C., Alonso, J.A. 1996: The great bustard (*Otis tarda*) in Spain: present status, recent trends and an evaluation of earlier censuses. *Biological Conservation* 77: 79-86.
- Alves, J., Vingada, J., Rodrigues, P. (2006). The wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus* L.) diet on a sand dune area in central Portugal: a contribution towards management. *Wildlife Biology in Practice*, 2 (2): 63-70.
- Bakker, E. S., Reiffers, R. C., Olf, H., Gleichman, J. M. (2005). Experimental manipulation of predation risk and food quality: effect on grazing behaviour in a central-place foraging herbivore. *Oecologia*, 146 (19): 157-167.
- Baker, J., Sheate, W.R., Phillips, P., Eales, R. (2013). Ecosystem services in environmental assessment — Help or hindrance? *Environmental Impact Assessment Review* (2013) 40 3–13.
- Balmford, A., Bond, W., 2005. Trends in the state of nature and their implications for human well-being. *Ecol. Lett.* 8, 1218–1234.
- Balmford, A., Bruner, A., Cooper, P., Costanza, R., Farber, S., Green, R.E., Jenkins, M., Jefferiss, P., Jessamy, V., Madden, J., Munro, K., Myers, N., Naeem, S., Paavola, J., Rayment, M., Rosendo, S., Roughgarden, J., Trumper, K., Turner, R.K., 2002. Economic reasons for conserving wild nature. *Science* 297, 950–953.
- Balmford, A., Green, R.E., Jenkins, M., 2003. Measuring the changing state of nature. *Trends Ecol. Evol.* 18, 326–330.
- Balvanera, P., Daily, G.C., Ehrlich, P.R., Ricketts, T.H., Bailey, S.A., Kark, S., Kremen, C., Pereira, H., 2001. Conserving biodiversity and ecosystem services. *Science* 291, 2047.

- Baral, H., Keenanb, R.J., Sharmac, S.K., Storkd, N.E., Kasel, S. Spatial assessment and mapping of biodiversity and conservation priorities in a heavily modified and fragmented production landscape in north-central Victoria, Australia. *Ecological Indicators* 36 (2014) 552– 562
- Barral M.P., Maceira, N.O. (2012). Land-use planning based on ecosystem service assessment: A case study in the Southeast Pampas of Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 154 (2012) 34– 43.
- Barreiro, M. (2007). *Diferencias sexuales en la dieta de vegetal de la avutarda (Otis tarda) en Madrid durante la primavera de 2006*. Proyecto Fin de Carrera de Biología. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid.
- Bhagabati, N.K., Ricketts, T., Siswa Sulistyawan, T.B., Conte, M., Ennaanay, D., Hadian, O., McKenzie, E., Olwero, N., Rosenthal, A., Tallis, H., Wolny, E. (2014). Ecosystem services reinforce Sumatran tiger conservation in land use plans. *Biological Conservation* 169 (2014) 147–156.
- Bills, N., Gross, D., 2005. Sustaining multifunctional agricultural landscapes: comparing stakeholder perspectives in New York (US) and England (UK). *Land Use Policy* 22, 313–321.
- Bolliger, J., Bättig, M., Gallati, J., Kläy, A., Stauffacher, M., Kienast, F., 2010. Landscape multifunctionality: a powerful concept to identify effects of environmental change. *Reg. Environ. Change* 11, 203–206.
- Bravo, C. (2006). *Diferencias sexuales en la selección de la componente animal de la avutarda (Otis tarda) en Madrid*. Proyecto Fin de Carrera de Biología. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid.
- Brown, A., Therevil, R., 2000. Principles to guide the development of strategic environmental assessment methodology. *Impact Assessment and Project Appraisal* 18, 183–189.

- Chaker, A., El-Fadl, K., Chamas, L., Hatjian, B., 2006. A review of strategic environmental assessment in 12 selected countries. *Environmental Impact Assessment Review* 26, 15–56.
- Chapuis, J. L. (1990). Comparison of the diets of two sympatric lagomorphs, *Lepus europaeus* (Pallas) and *Oryctolagus cuniculus* (L.) in an agroecosystem of the Ile-de-France. *Zeitschrift für Säugertierkunde*, 55: 176-185.
- Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid. *Plan de Gestión de los Espacios Protegidos Red Natura 2000, ZEPA “Estepas Cerealistas de los ríos Jarama y Henares” y ZEC “Cuencas de los ríos Jarama y Henares”*. Recuperado de: www.madrid.org. Septiembre de 2010.
- Daily, G.C., Polasky, S., Goldstein, J., Kareiva, P.M., Mooney, H.A., Pejchar, L., Ricketts, T.H., Salzman, J., Shallenberger, R., 2009. Ecosystem services in decision making: time to deliver. *Front. Ecol. Environ.* 7, 21–28.
- DEFRA. *Case study to develop tools and methodologies to deliver an ecosystems approach—Heysham to M6 link* DEFRA research project nr0110. [Online] Available from: http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=NR0110_7329_FRA.pdf207
- DEFRA. *Public understanding of the concepts and language around ecosystem services and the natural environment* (DEFRA Project code: NR0115). [Online] Available from: <http://randd.defra.gov.uk/Default.aspx?Menu=Menu&Module=More&Location=None&Completed=0&ProjectID=15310#RelatedDocuments2007>
- DEFRA. *An introductory guide to valuing ecosystem services*. [Online] Available from: <http://www.defra.gov.uk/environment/policy/naturalenviron/documents/ecovaluing.pdf2009>.
- DEFRA. *Natural Environment White Paper*. [Online] Available from: <http://www.defra.gov.uk/environment/natural/whitepaper/2012>.

- de Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemsen, L. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision. *Ecological Complexity* 7 (2010), pp. 260-272.
- del Río Lafuente, I., Rodríguez Moya, J (2009). “Áreas metropolitanas en transformación. Presente y futuro del Corredor del Henares en el área funcional madrileña”. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*. Vol 29, No 1.
- Deutsch, L., Folke, C., Skånberg, K., 2003. The critical natural capital of ecosystem performance as insurance for human well-being. *Ecol. Econ.* 44, 205–217.
- Eales R., Baker, J., Sheate, W. Integrating a resilience approach into strategic environmental assessment. *International Association for Impact Assessment*, Prague Conference, 2011; 2011.
- Eales, R.P., Sheate, W.R. Opportunities missed and challenges to come? *Town Country Plann* 2011a; 79(3):134–9.
- Eales, R.P, Sheate, W.R. Effectiveness of policy level environmental and sustainability assessment: challenges and lessons from recent practice. *Environ Assess Policy* 2011b; 12(1):39–65.
- Eastman, J.R., 2015a. *TerrSet Brouchure*. Clark Larbs. Universidad de Clark. Recuperado de <https://clarklabs.org/terrset/habitat-biodiversity-modeler>.
- Eastman, J.R, 2015b. *TerrSet Manual*. Clark Labs. Universidad de Clark, MA (EE.UU).
- Eastman, J.R, 2015c. *TerrSet Tutorial*. Clark Labs. Universidad de Clark, MA (EE.UU).
- Eftec. Economic evaluation of environmental effects. [Online] Available from <http://publications.environment-agency.gov.uk/pdf/GEHO0310BSFH-e-e.pdf>2010.
- European Environment Agency (EEA), 1995. *CORINE land cover – contents*. [Online] Available from: <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>.

- European Environment Agency (EEA), 2006. *Urban Sprawl in Europe. The Ignored Challenge*. Copenhagen.
- European Environment Agency (EEA), 2011. *Territorial cohesion and green infrastructure*. [Online] Available from:
<http://bookshop.europa.eu/en/greeninfrastructureandterritorialcohesionpbTHAK11018/pgid=y8dIS7GUWMdSR0EAIMEUUsWb0000Sj2u0HbW;sid=oO2-CneFtwW-BTg3mHUgrRWgAi7CWjrmvp8=2011>.
- FAO, 1999. *Cultivation our futures*. FAO/Netherlands Conference on the Multifunctional Character of Agriculture and Land. FAO/LNV, Maastricht, The Netherlands.
- Farber, S.C., Costanza, R., Wilson, M.A., 2002. Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecol. Econ.* 41, 375–392.
- Ferreira, C, Alves, P. C. (2009). Influence of habitat management on the abundance and diet of wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus algirus*) populations in Mediterranean ecosystems. *European Journal of Wildlife Research*, 55: 487-496.
- Fisher, B., Turner, K.R., Morling, P., 2009. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecol. Econ.* 68 (3), 643–653.
- Geneletti D. Reasons and options for integrating ecosystem services in strategic environmental assessment of spatial planning. *Int Biodivers Sci Ecosyst Serv Manage* 2011; 7(3):143–9.
- Haines-Young, R., Potschin, M. *England's terrestrial ecosystems and the rationale for an ecosystems approach*. Overview Report; 2008 [30 pp. (DEFRA Project Code NR0107)].
- Haines-Young , R., Potschin, M., Kienast, F. Indicators of ecosystem service potential at European scales: mapping marginal changes and trade-offs. *Ecol Indic* 2012; 21: 39–53. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.09.004>.

- Hauck, J., Görg, C., Varjopuro, R., Ratamáki, O., Maes, J., Wittmer, H., Jax, K. “Maps have an air of authority”: Potential benefits and challenges of ecosystem service maps at different levels of decision making. *Ecosystem Services* 4 (2013) 25–32.
- Hein, L., 2006. Cost-efficient eutrophication control in a shallow lake ecosystem subject to two steady states. *Ecol. Econ.* 59, 429–439.
- Hollander, G.M., 2004. Agricultural trade liberalization, multifunctionality, and sugar in the south Florida landscape. *Geoforum* 35, 299–312.
- Howarth, R.B., Farber, S., 2002. Accounting for the value of ecosystem services. *Ecol. Econ.* 41, 421–429.
- Hughes J, Brooks S. Living landscapes: towards ecosystem-based conservation in Scotland. *Edinburgh: Scottish Wildlife Trust*; 2009.
- Kienast, F., Bolliger, J., Potschin, M., de Groot, R., Verburg, P., Heller, I., Wascher, D., Haines-Young, R., 2009. Assessing landscape functions with broad-scale environmental data: insights gained from a prototype development for Europe. *Environ. Manage.* 44, 1099–1120.
- Kreuter, U.P., Harris, H.G., Matlock, M.D., Lacey, R.E., 2001. Change in ecosystem service values in the San Antonio area, Texas. *Ecol. Econ.* 39, 333–346.
- Lane, S.J., Alonso, J.C., Martín, C.A. Habitat preferences of great bustard *Otis tarda* flocks in the arable steppes of central Spain: Are potentially suitable areas unoccupied? *Journal of Applied Ecology* Volume 38, Issue 1, 2001, Pages 193-203.
- Lombardi, L., Fernández, N., Moreno, S., Villafuerte, R. Habitat-related differences in rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) abundance, distribution, and activity *Journal of Mammalogy*. Volume 84, Issue 1, February 2003, Pages 26-36.
- Marchandean S., Chaval Y. y Le Goff E. 2000. Prolonged decline in the abundance of wild European rabbit *Oryctolagus cuniculus* and high immunity level over three

- years following the arrival of rabbit haemorrhagic disease. *Wildl. Biol.*, 6: 141-147.
- Matson, P.A., Parton, W.J., Power, A.G., Swift, M.J., 1997. *Agricultural intensification and ecosystem properties*. *Science* 227, 504–508.
- MEA, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Millennium Ecosystem Assessment. World Resources Institute. Island Press, Washington, DC.
- MEA, 2005. *Millenium Ecosystem Assessment: Ecosystems & Human Well-being – Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- MEA, 2005. *Millennium Ecosystem Assessment: summary of findings*. [Online] Available from: <http://www.maweb.org/en/index.aspx2005>.
- Miranda, M., Cristóbal, I., Bartolomé, J., Cassinello, J. (2009) Análisis comparativo del uso de recursos tróficos por parte del conejo y tres especies de ungulados en simpatria en un ecosistema mediterráneo. Pp. 643-648. En: Reiné, R., Barrantes, O., Broca, A., Ferrer, C. (Eds.). *La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas*. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, Huesca.
- Moreira, F., Morgado, R., Arthur, S. Great bustard *Otis tarda* habitat selection in relation to agricultural use in southern Portugal. *Wildlife Biology* Vol. 10, Issue 4, December 2004, Pages 251-260.
- Nelson, E., Mendoza, G., Regetz, J., Polasky, S., Tallis, H., Cameron, D., Chan, K.M.A., Daily, G.C., Goldstein, J., Kareiva, P.M., Lonsdorf, E., Naidoo, R., Ricketts, T.H., Shaw, M., 2009. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Front. Ecol. Environ.* 7, 4–11.
- OECD, 2001. *Multifunctionality*. Towards An Analytical Framework. Paris, p. 159.

- Partidario M.R., Gomes, R. (2013). Ecosystem services inclusive strategic environmental assessment. *Environmental Impact Assessment Review* 40 (2013) 36–46.
- Partidario, M.R, Slootweg, R. Spatial planning and environmental assessments. In: Wittmer Heidi, Gundimeda Haripriya, editors. TEEB, the economics of ecosystems and biodiversity in local and regional policy and management. Abingdon and New Tor: Earthscan from Routledge; 2012. p. 165–94.
- Pereira, H.M, Domingos, T., Vicente, L., Proença, V., Editors. *Ecossistemas e Bem-Estar Humano: Avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment*. Lisboa, Portugal: Escolar Editora; 2009.
- Pérez, S.S., Jacksic, D., Meriggi, A., Rosin, A.V. Density and habitat use by the european wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in an agricultural area of northern Italy. *Hystrix*. Volume 19, Issue 2, 2008, Pages 143-156.
- Pinto-Correia, T., Gustavsson, R., Pirnat, J., 2006. Bridging the gap between centrally defined policies and local decisions—towards more sensitive and creative rural landscape management. *Landsc. Ecol.* 21, 333–346.
- Rega, C., Spaziente, A. (2013). Linking ecosystem services to agri-environmental schemes through SEA: A case study from Northern Italy. *Environmental Impact Assessment Review* 40 (2013) 47–53.
- Rodríguez-Espinosa, V.M., Aguilera-Benavente, F., Gómez-Delgado, M., Salado García, M.J., Lucas, L., Cases, A (2015). “*Propuesta de Infraestructura Verde en un ámbito metropolitano. Aplicación al Corredor del Henares (Comunidad de Madrid- Guadalajara)*”. Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente. Universidad de Alcalá. Madrid.
- Ross J., Tittensor A.M. 1986. Influence of myxomatosis in regulating rabbit numbers. *Mamm. Rev.*, 16: 163-168.

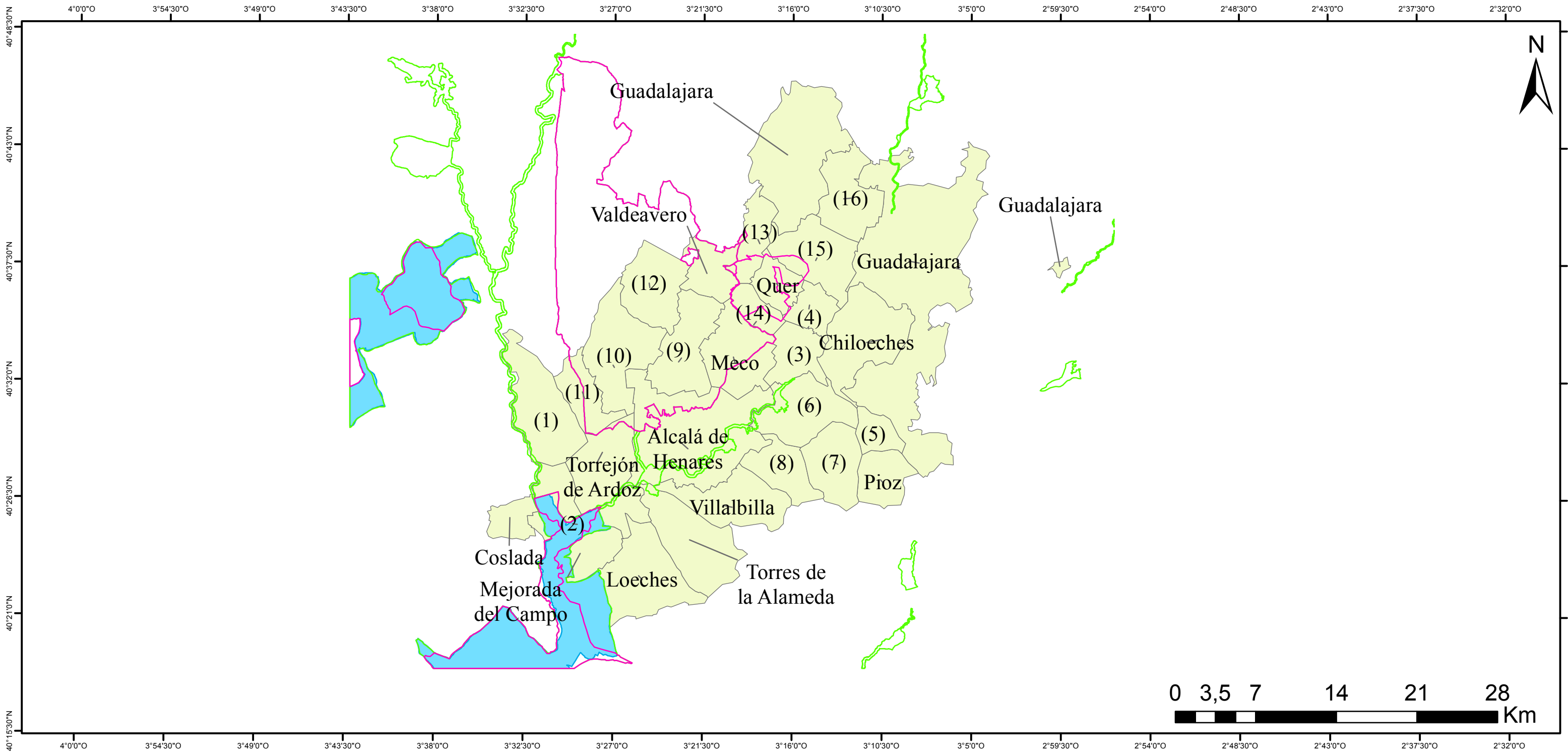
- Rudolph, B.-U., Liegl, A., Von Helversen, O. Habitat selection and activity patterns in the greater mouse-eared bat *Myotis myotis*. *Acta Chiropterologica*. Volume 11, Issue 2, December 2009, Pages 351-361.
- Schneiders, A., Wils, C., Verheyen, R.F., De Pauw, N., 1996. Ecological water quality objectives, a useful frame of reference for ecological impact assessment? *Eur. Water Pollut. Contr.* 6, 8–16.
- Scolozzi, R., Morri, E., Santolini, R. (2012). Delphi-based change assessment in ecosystem service values to support strategic spatial planning in Italian landscapes. *Ecological Indicators* 21 (2012) 134–144.
- Scottish Government. *SEA Pathfinder Project: stage 1 and 2 combined summary report*. November 2010, available at <http://www.scotland.gov.uk/Resource/Doc/921/0107233.pdf> 2010.
- Scottish Government. *Applying an ecosystems approach to land use: information note*. Available at <http://www.scotland.gov.uk/Resource/Doc/345453/0114927.pdf> 2011.
- Sheate W.R., Eales, R.P., Daly, E., Baker, J., Murdoch, A., Hill, C., *et al.* Spatial representation and specification of ecosystem services: a methodology using land use/land cover data and stakeholder engagement. *Environ Policy Assess Manage* 2012; 14:1-36.
- Slootweg R., Rajvanshi A., Mathur V.B., Kolhoff, A. Biodiversity in environmental assessment: enhancing ecosystem services for human well-being. *Ecology, biodiversity and conservation series*. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 2010.
- Slootweg R, van Beukering P.J.H. *Valuation of ecosystem services and strategic environmental assessment: lessons from influential cases*. Utrecht: Netherlands Commission for Environmental Assessment; 2008.

- Styers, D., Chappelkaa, A.H., Marzenb, L.J., Somers, G.L. Developing a land-cover classification to select indicators of forest ecosystem health in a rapidly urbanizing. *Landscape and Urban Planning* 94 (2010) 158–165.
- Surridge, A. K., Bell, D. J., Hewitt, G. M. (1999). From population structure to individual behaviour: genetic analysis of social structure in the European wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Biological Journal of the Linnean Society*, 68: 57-71.
- Tao, T., Tan, Z., He, X., 2007. Integrating environment into land-use planning through strategic environmental assessment in China: towards legal frameworks and operational procedures. *Environmental Impact Assessment Review* 27, 243–265.
- Toivonen, H. Ecosystems services and convention on biological diversity — how ecosystem services are reflected in the CBD COP decisions in Nagoya? *Ecosystem services and biodiversity*. Wien: Alter-Net; 2010 [3–5 November].
- Tucker, G.M., Heath, M.F. 1994: Birds in Europe: their conservation status. *BirdLife International*, Cambridge, UK, 600 pp.
- UKNEA. *UK NEA synthesis of findings*. [Online] Available from: <http://uknea.unepwcmc.org/2011>.
- van Oudenhoven, A.P.E., Petz, K., Alkemade, R., Hein, L., de Groot, R.S., 2012. Framework for systematic indicator selection to assess effects of land management on ecosystem services. *Ecological Indicators* 21, 110–122.
- Vejre, H., Abildtrup, J., Andersen, E., Andersen, P., Brandt, J., Busck, A., Dalgaard, T., Hasler, B., Huusom, H., Kristensen, L., Kristensen, S., Præstholm, S., 2007. Multifunctional agriculture and multifunctional landscapes—land use as an interface. In: Mander, U., Helming, K., Wiggering, H. (Eds.), *Multifunctional Land Use: Meeting Future Demands for Landscape Goods and Services*. Springer, Heidelberg, Berlin, pp. 93–104.

- Wang, X., Chen, W., Zhang, L., Jin, D., Lu, C., 2010. Estimating the ecosystem service losses from proposed land reclamation projects: a case study in Xiamen. *Ecol. Econ.* 69, 2549–2556.
- Wilson, G.A., 2004. The Australian Landcare movement: towards ‘post-productivist’ rural governance? *J. Rural Stud.* 20, 461–484.
- WRI. *Ecosystem services review for impact assessment*. [Online] Available from: <http://www.wri.org/publication/ecosystem-services-review-for-impactassessment2011>.

10. ANEXOS

- I. Mapa de situación y Espacios Naturales Protegidos del Corredor del Henares
- II. Usos y coberturas del suelo: Corredor del Henares (*Oryctolagus cuniculus*)
- III. Usos y coberturas del suelo: Corredor del Henares (*Otis tarda*)
- IV. Usos y coberturas del suelo: Corredor del Henares (*Myotis myotis*)
- V. *Habitat Suitability* (2006) para el Corredor del Henares
- VI. *Habitat Assessment* (2000-2006) para *Oryctolagus cuniculus*
- VII. *Habitat Assessment* (2000-2006) para *Otis tarda*
- VIII. *Habitat Assessment* (2000-2006) para *Myotis myotis*

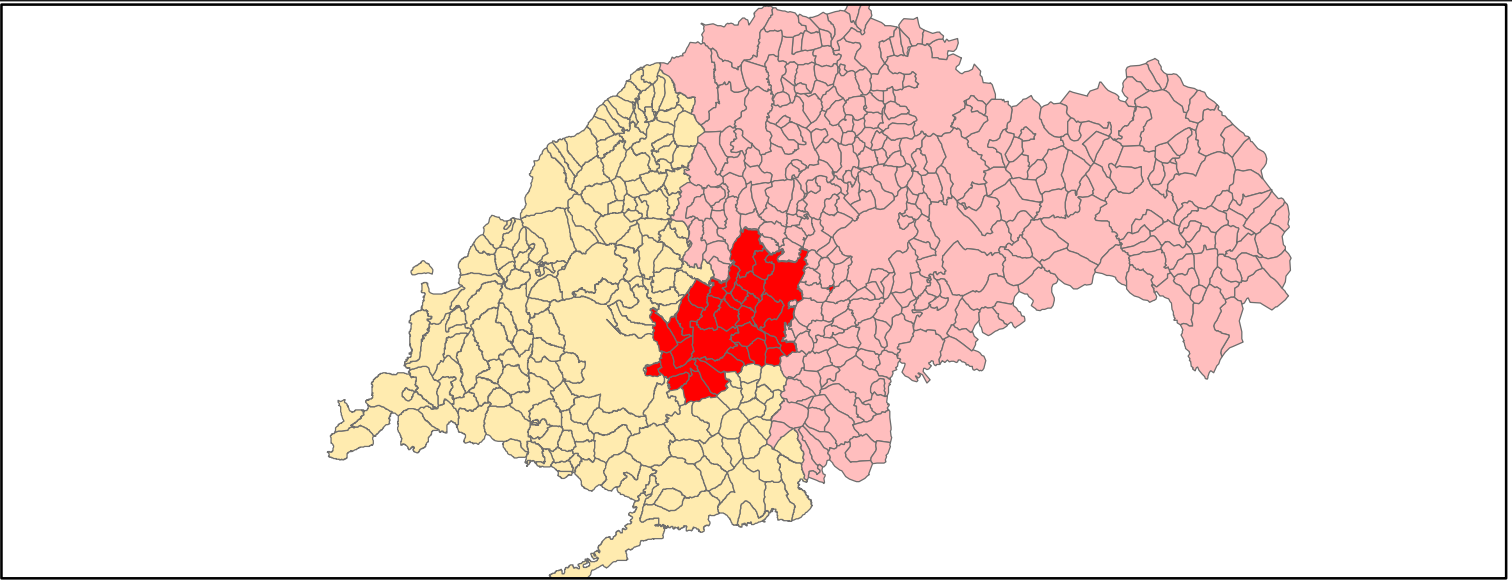


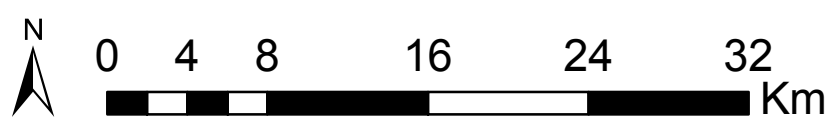
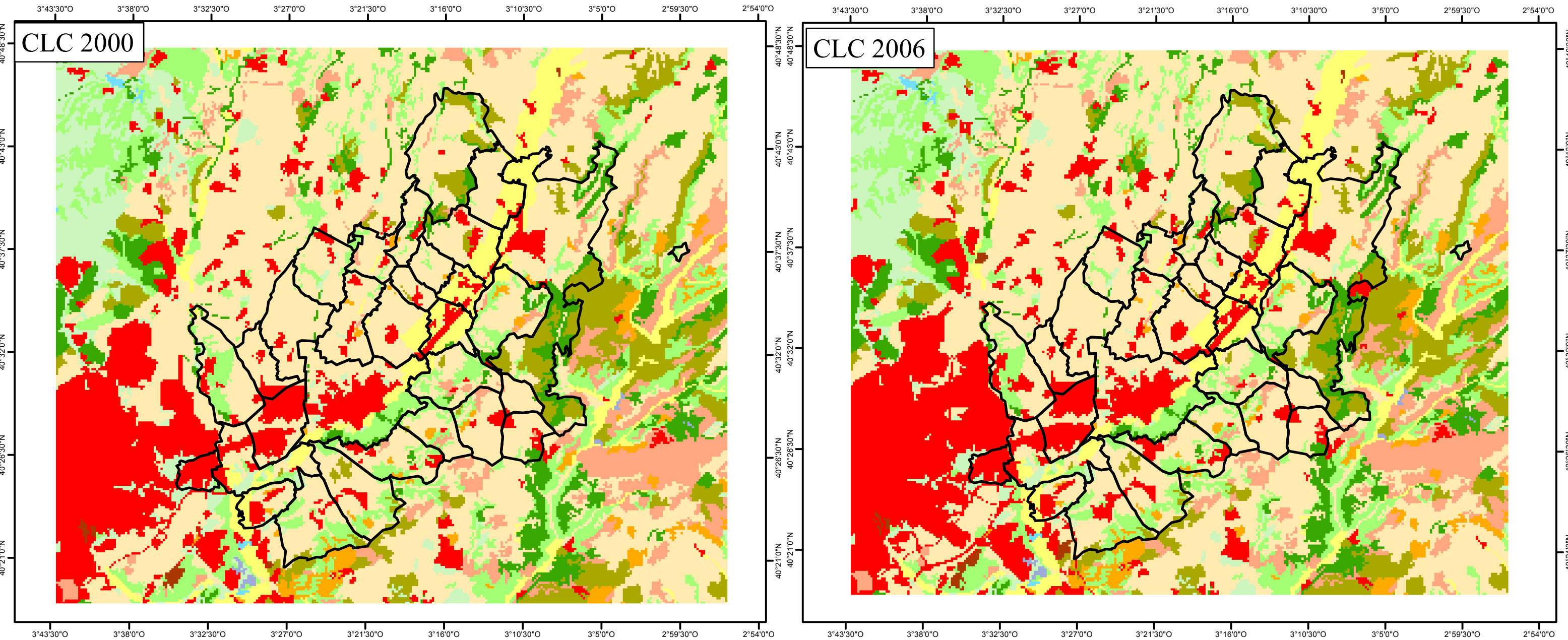
Términos municipales y Espacios Naturales Protegidos del Corredor del Henares

FUENTES: Mapa Topográfico Nacional (IGN),
Capas (Nomecalles),
Autor: Jesús Garrido
Profesor: María Jesús Salado

- Leyenda**
- ZEPAS
 - LICS
 - ENP de la CAM
 - Términos municipales

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| (1) Paracuellos de Jarama | (9) Camarma de Esteruelas |
| (2) San Fernando de Henares | (10) Daganzo de Arriba |
| (3) Azuqueca de Henares | (11) Ajalvir |
| (4) Alovera | (12) Fresno de Torote |
| (5) Pozo de Guadalajara | (13) Valdeaveruelo |
| (6) Los Santos de la Humosa | (14) Villanueva de la Torre |
| (7) Santorcaz | (15) Cabanillas del Campo |
| (8) Anchuelo | (16) Marchamalo |





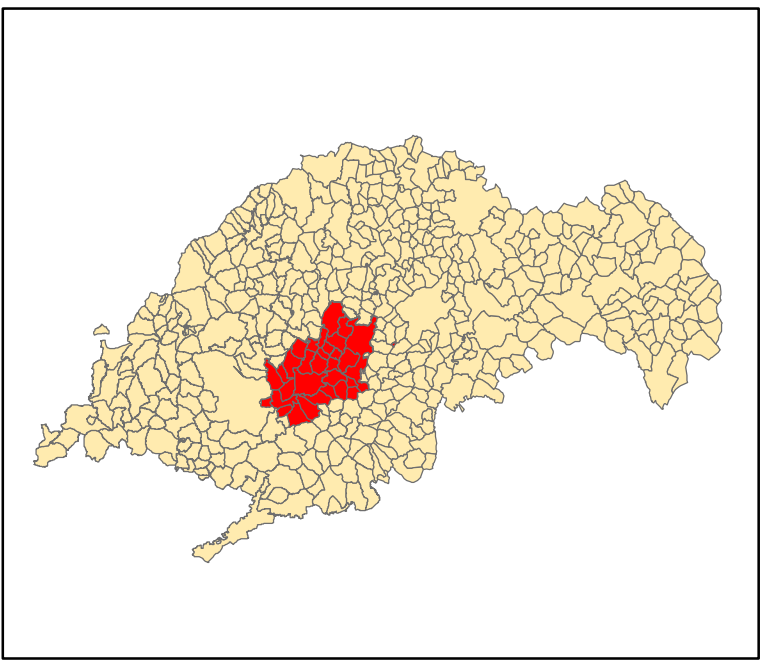
Usos y coberturas del suelo: Corredor del Henares (*Oryctolagus cuniculus*)

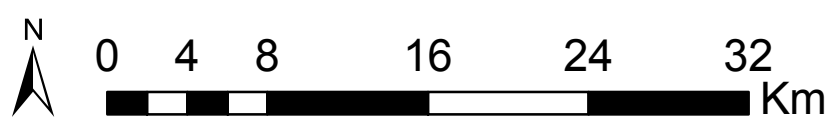
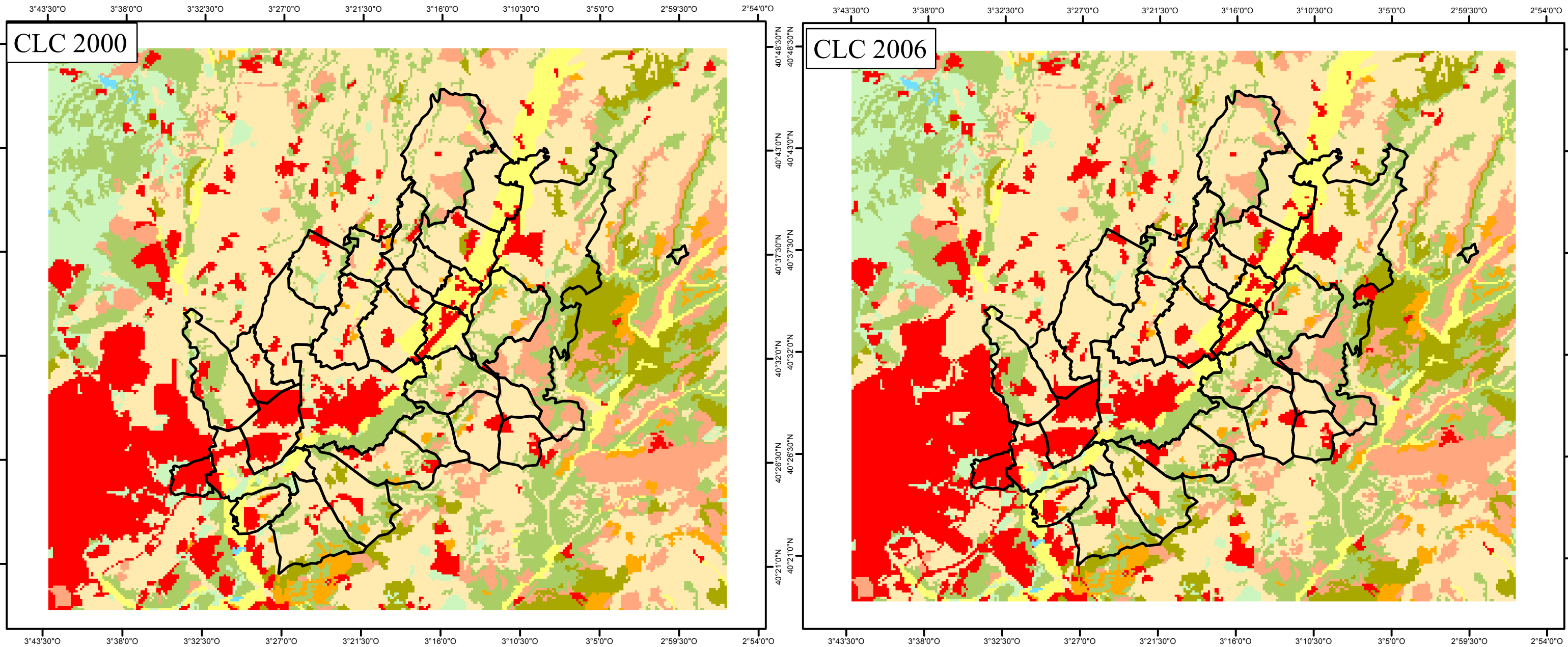
Leyenda

- | | |
|---|---|
|  1. Suelo urbano (excepto clase 2) |  7. Tierras principalmente ocupadas por agricultura (con vegetación natural) |
|  2. Escombreras y vertederos |  8. Superficies boscosas |
|  3. Tierras de labor: secano y barbecho |  9. Pastizales y pastos naturales |
|  4. Tierras de labor: regadío |  10. Matorral esclerófilo |
|  5. Cultivos leñosos permanentes |  11. Zonas con escasa o nula vegetación |
|  6. Zonas agrícolas mixtas |  12. Zonas húmedas y superficies de agua |

 Términos municipales





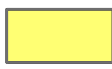




FUENTES: Mapa Topográfico Nacional (IGN),
Capas (Nomecalles),
Autor: Jesús Garrido
Profesor: María Jesús Salado





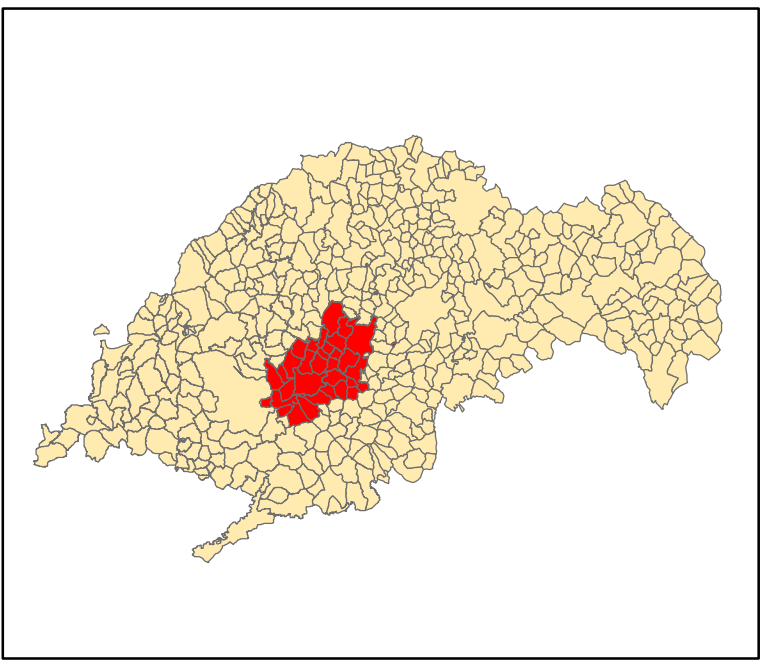
Usos y coberturas del suelo: Corredor del Henares (*Otis tarda*)

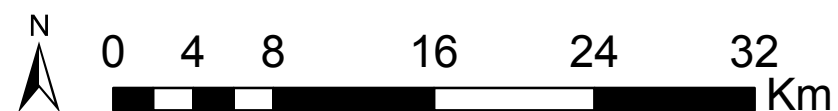
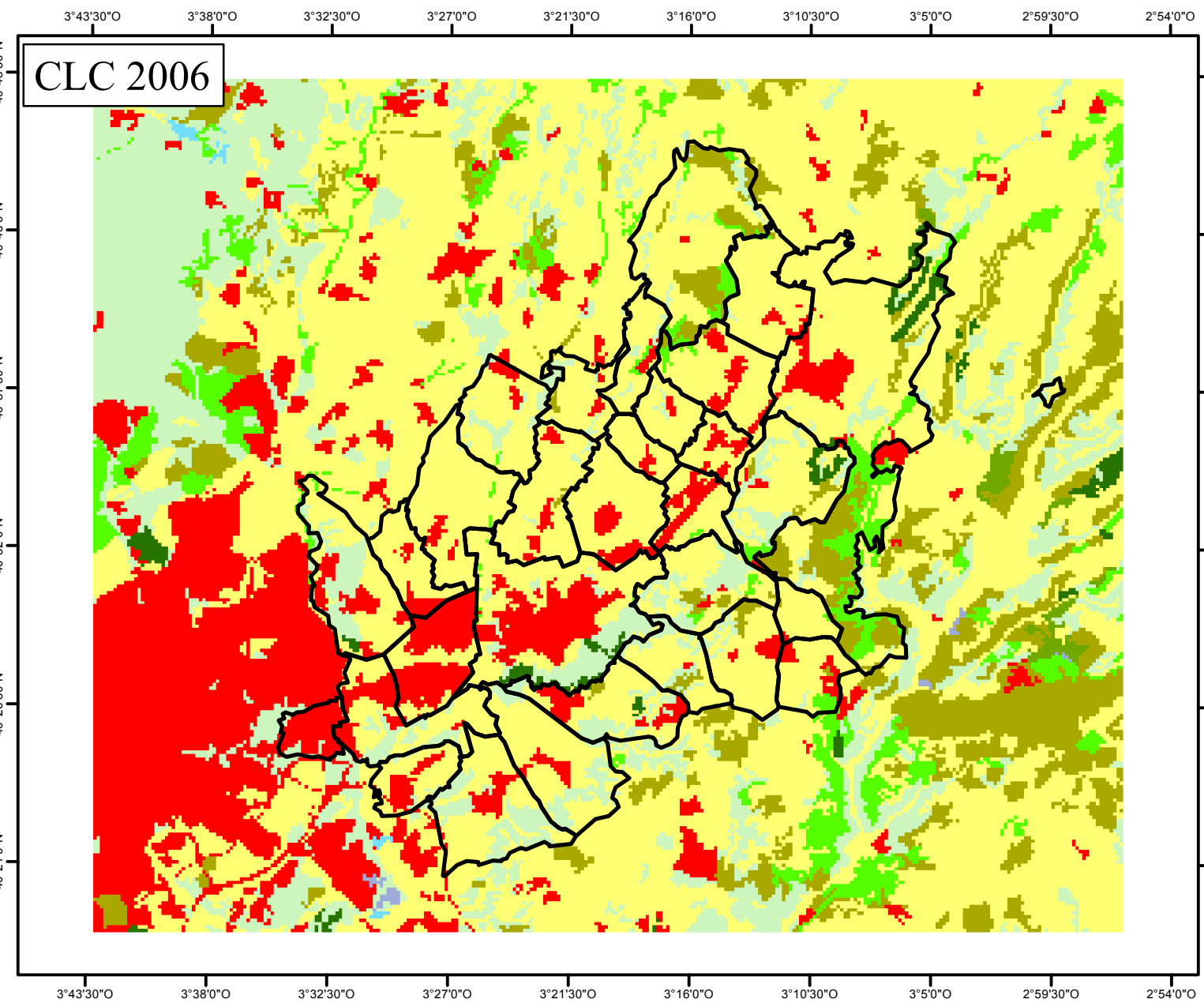
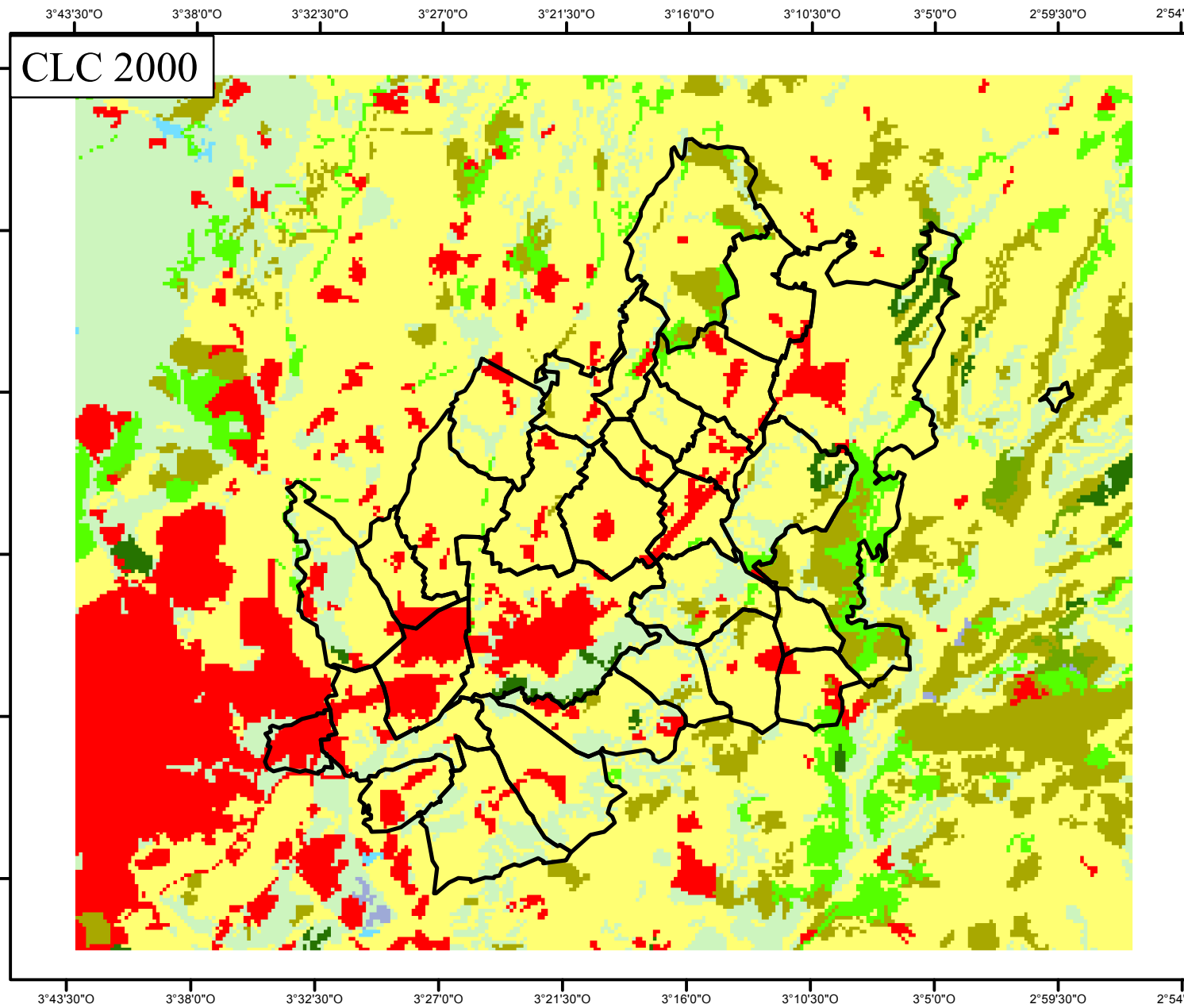
Leyenda

- | | |
|---|--|
|  1. Suelo urbano |  6. Cultivos ocasionales y mixtos con permanentes |
|  2. Tierras de labor: seco |  7. Zonas mixtas y explotación agroforestal |
|  3. Tierras de labor: regadío |  8. Usos forestales, vegetación natural y espacios abiertos |
|  4. Cultivos leñosos permanentes |  9. Zonas húmedas y superficies de agua |
|  5. Pastizales y pastos naturales | |

 Términos municipales




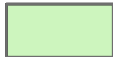



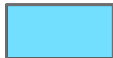

FUENTES: Mapa Topográfico Nacional (IGN),
Capas (Nomecalles),
Autor: Jesús Garrido
Profesor: María Jesús Salado





Usos y coberturas del suelo: Corredor del Henares (*Myotis myotis*)

Leyenda

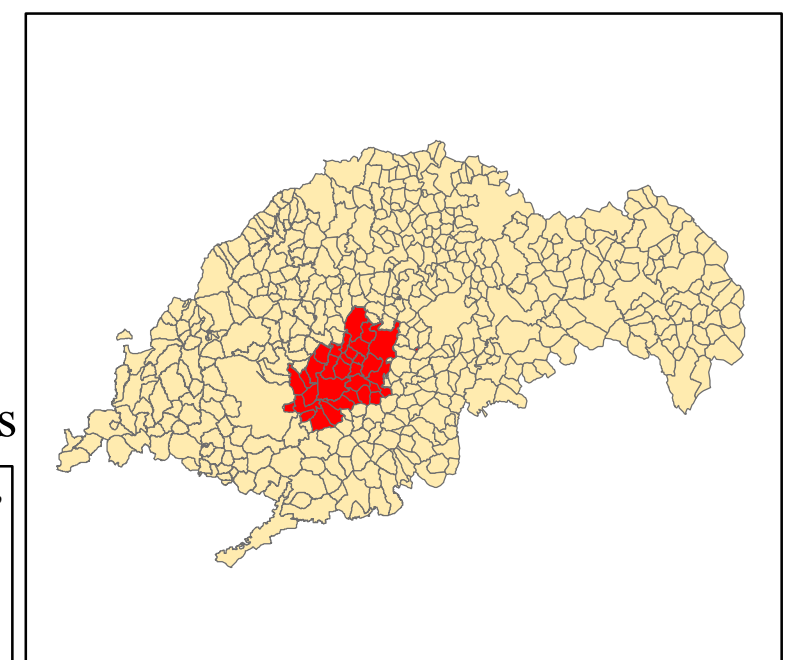
- | | | | |
|--|---------------------------|---|--|
|  | 1. Suelo urbano |  | 6. Bosques mixtos |
|  | 2. Usos agrícolas |  | 7. Vegetación arbustiva y herbácea |
|  | 3. Zonas agrícolas mixtas |  | 8. Zonas con escasa o nula vegetación |
|  | 4. Bosques caducifolios |  | 9. Zonas húmedas y superficies de agua |
|  | 5. Bosques de coníferas | | |

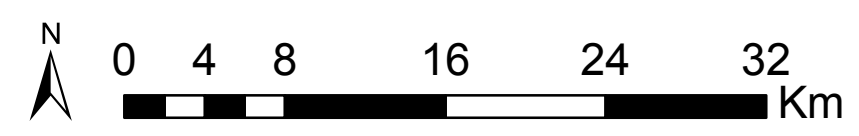
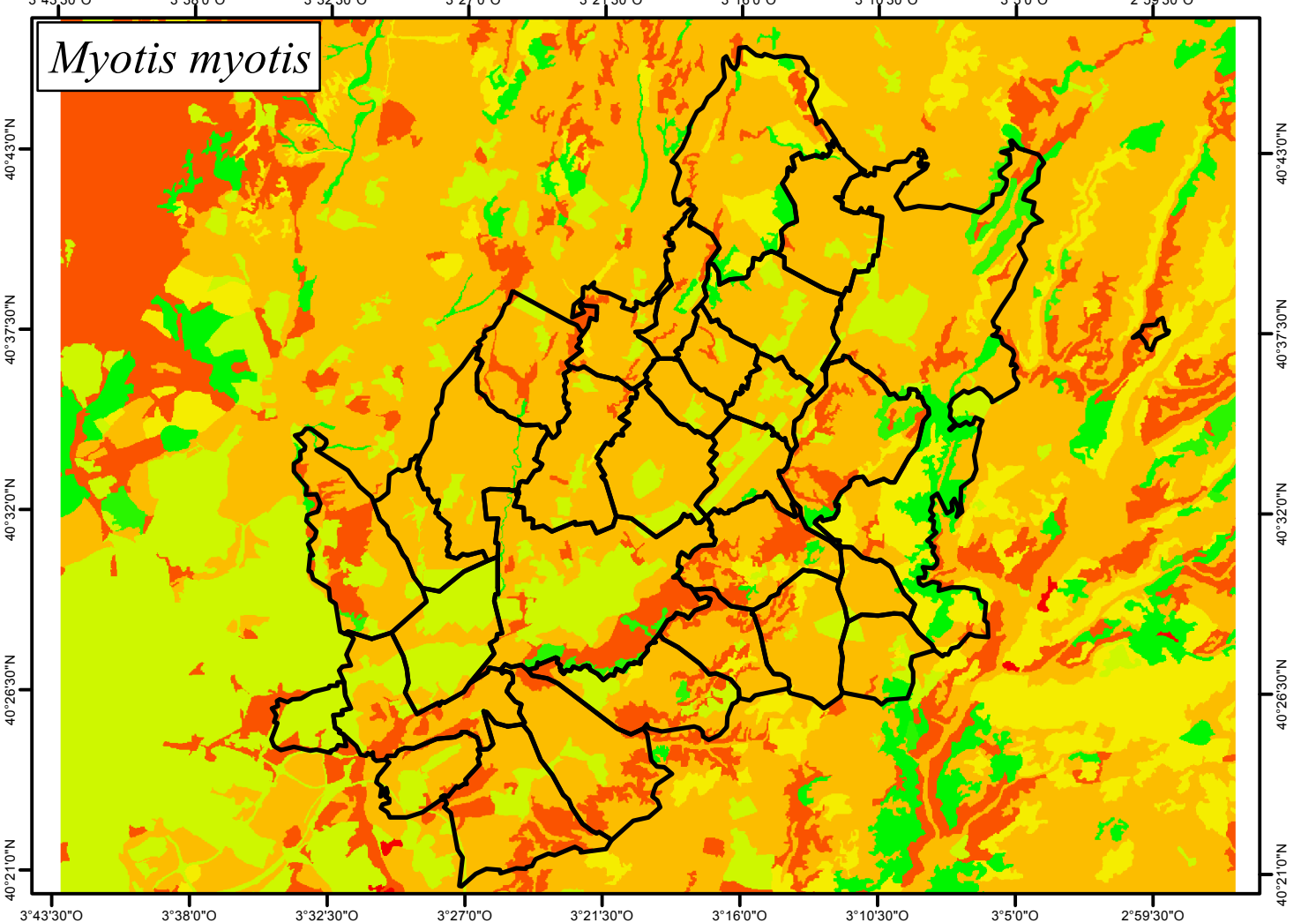
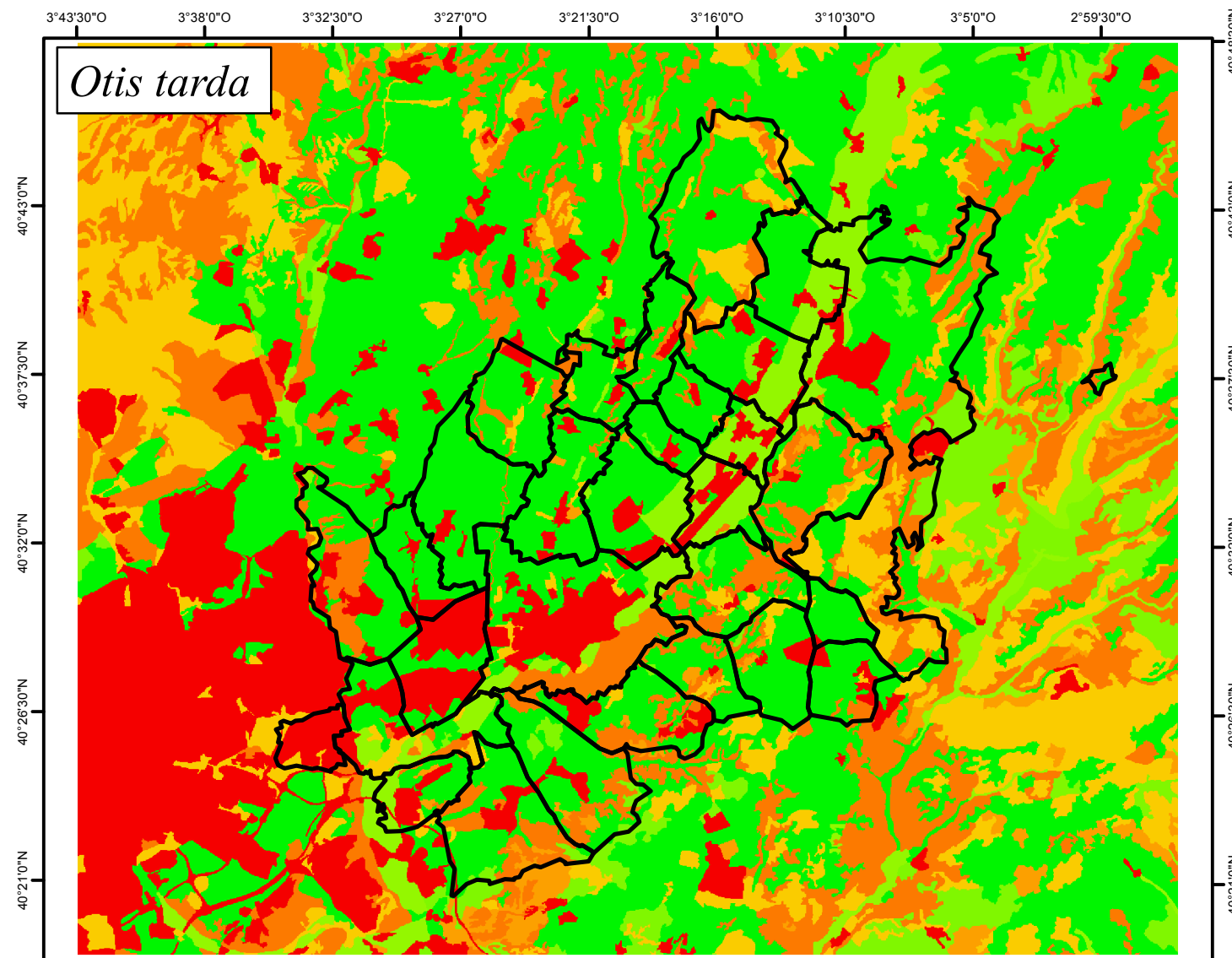
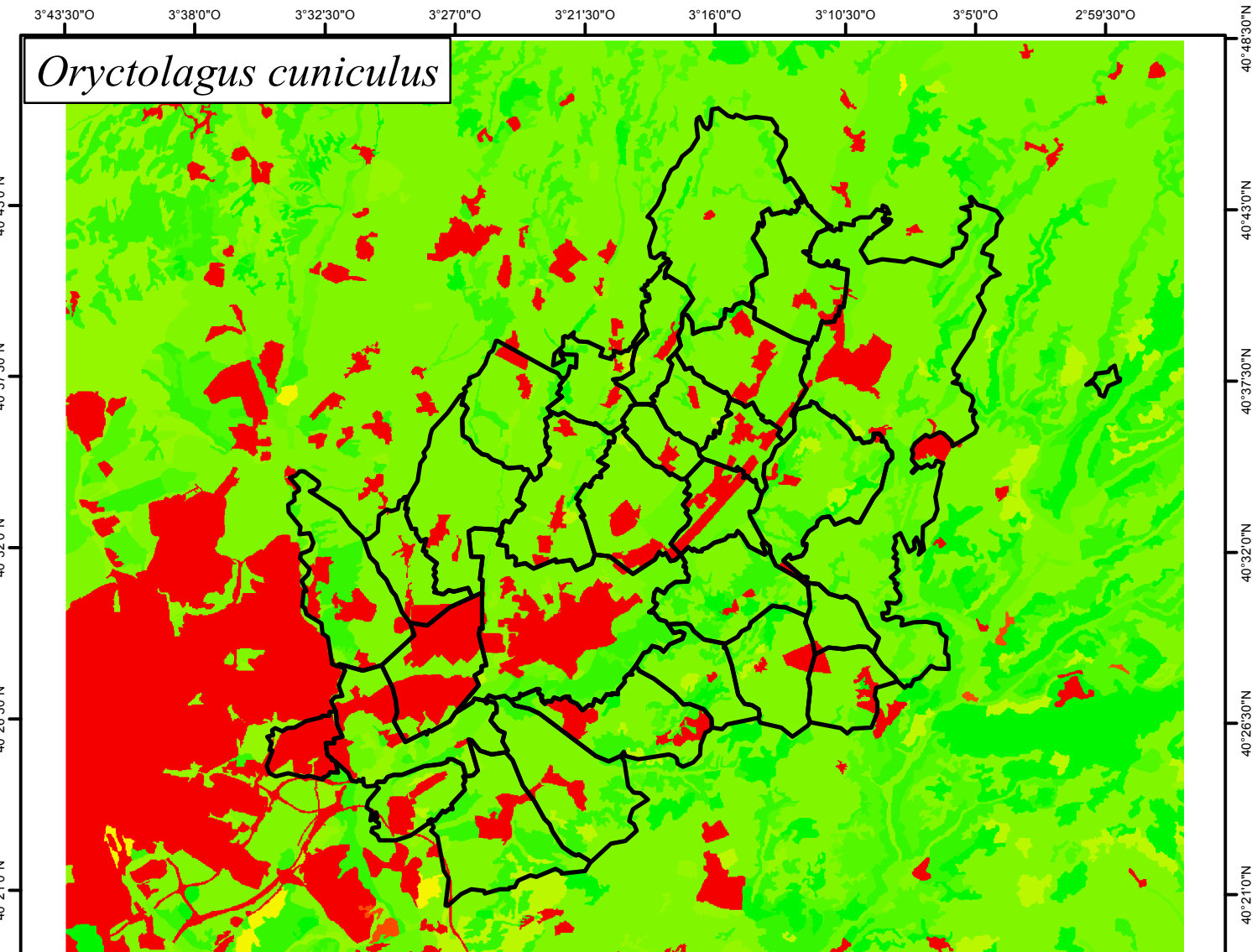
 Términos municipales

FUENTES: Mapa Topográfico Nacional (IGN),
Capas (Nomecalles),


Autor: Jesús Garrido

Profesor: María Jesús Salado

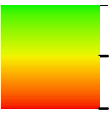





Habitat Suitability (2006)
para el Corredor del Henares

 Términos municipales

Valor

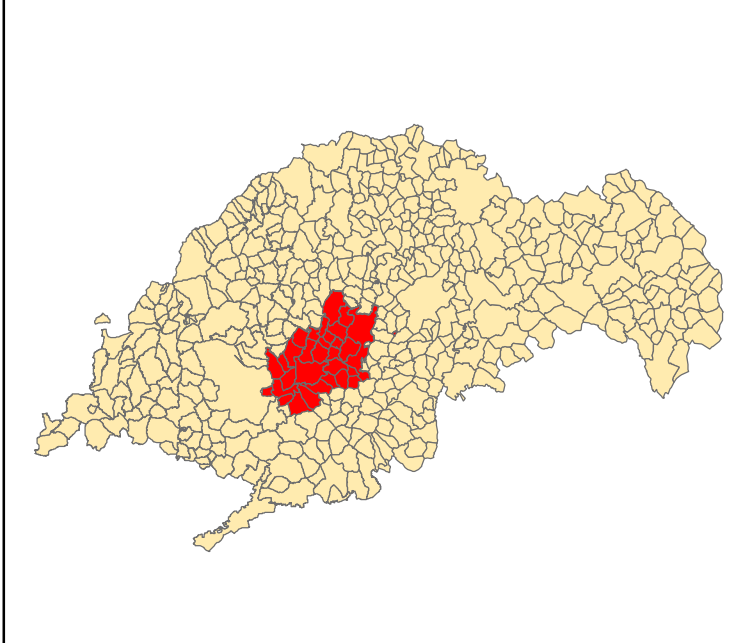
 Alto : 1

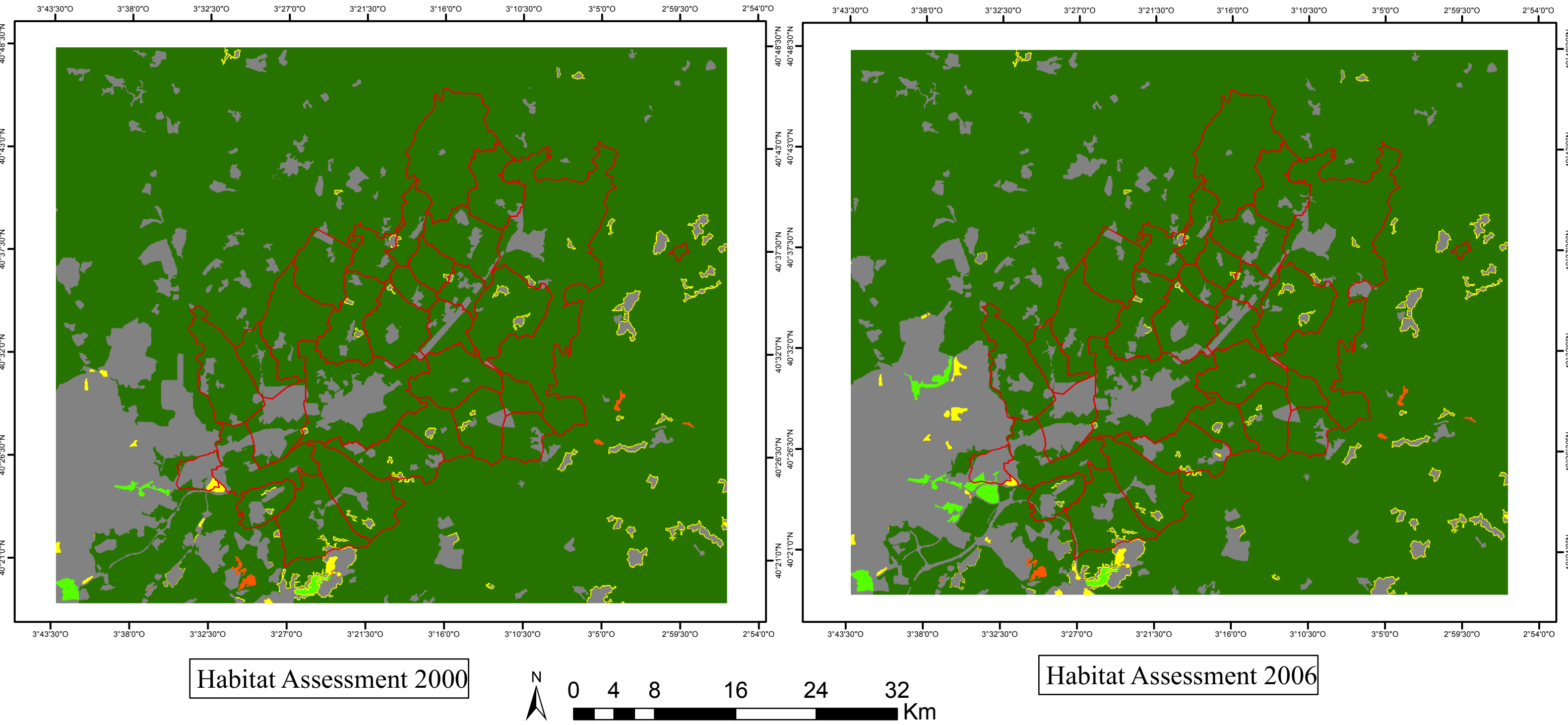
 Bajo : 0

FUENTES: Mapa Topográfico Nacional (IGN),
Capas (Nomecalles),

Autor: Jesús Garrido

Profesor: María Jesús Salado



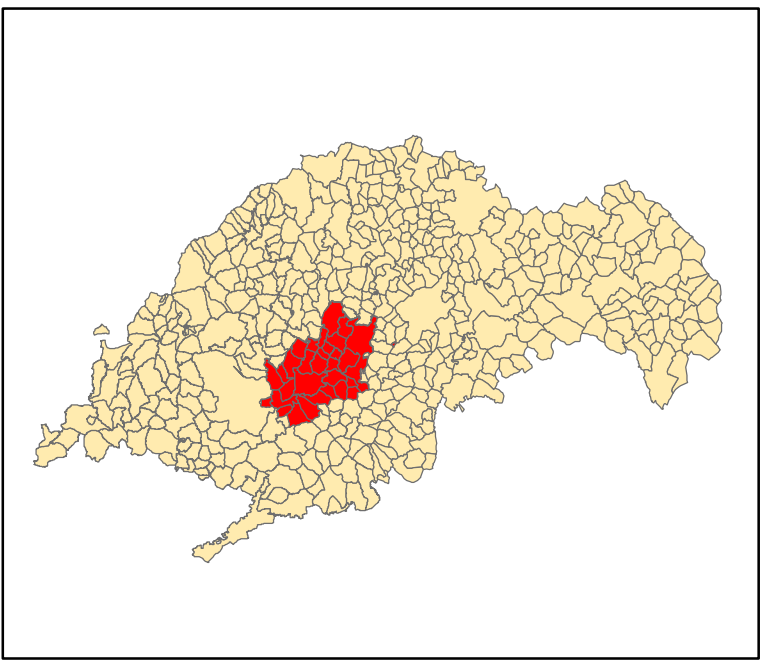


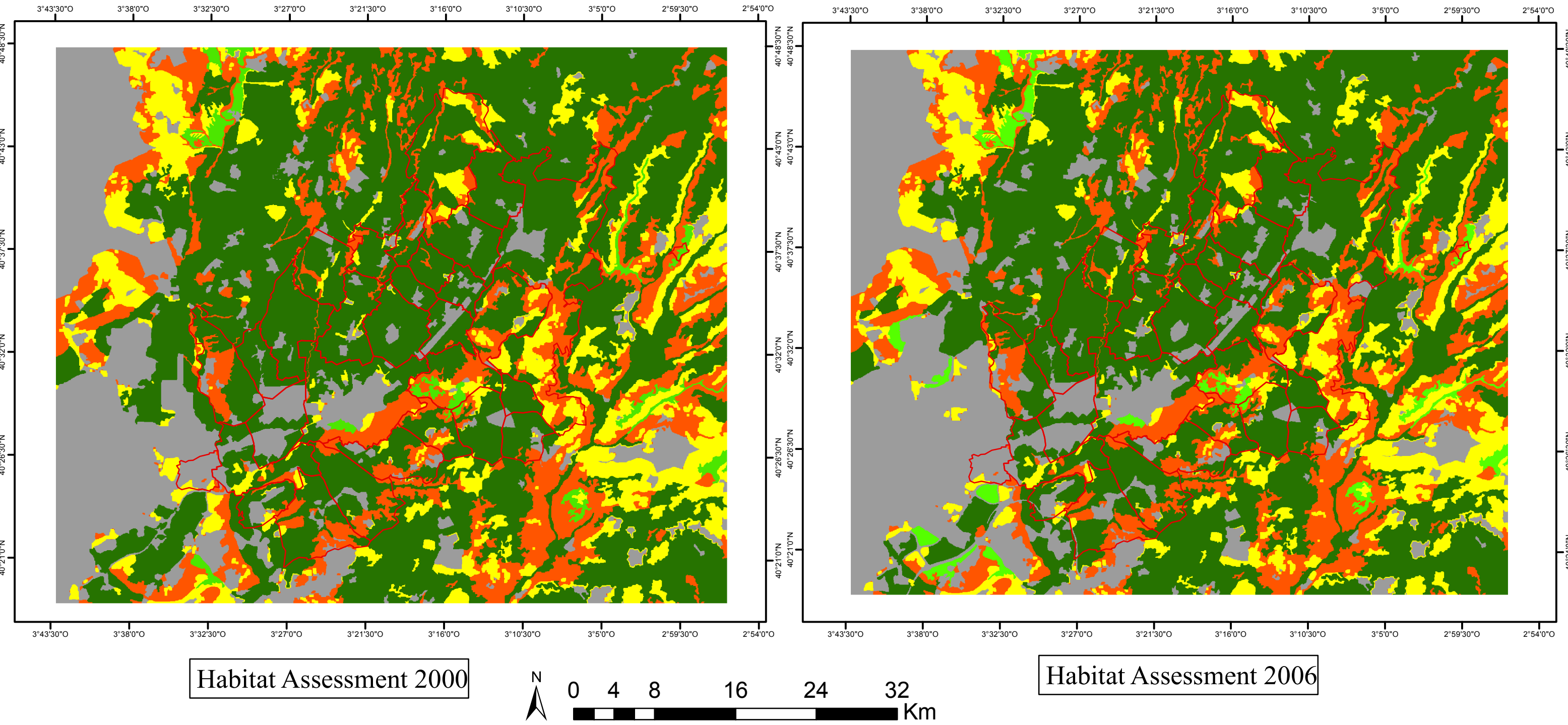
Habitat Assessment: Corredor del Henares (*Oryctolagus cuniculus*)

Leyenda

- Inadecuado
- Corredor Potencial Secundario
- Corredor Potencial Primario
- Hábitat Secundario
- Hábitat Primario
- Términos municipales







FUENTES: Mapa Topográfico Nacional (IGN),
Capas (Nomecalles),
Autor: Jesús Garrido
Profesor: María Jesús Salado



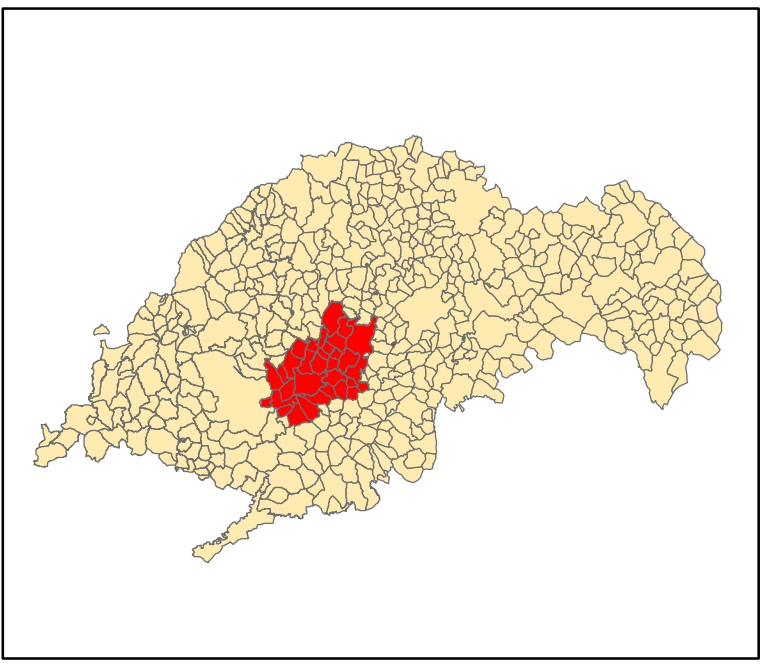


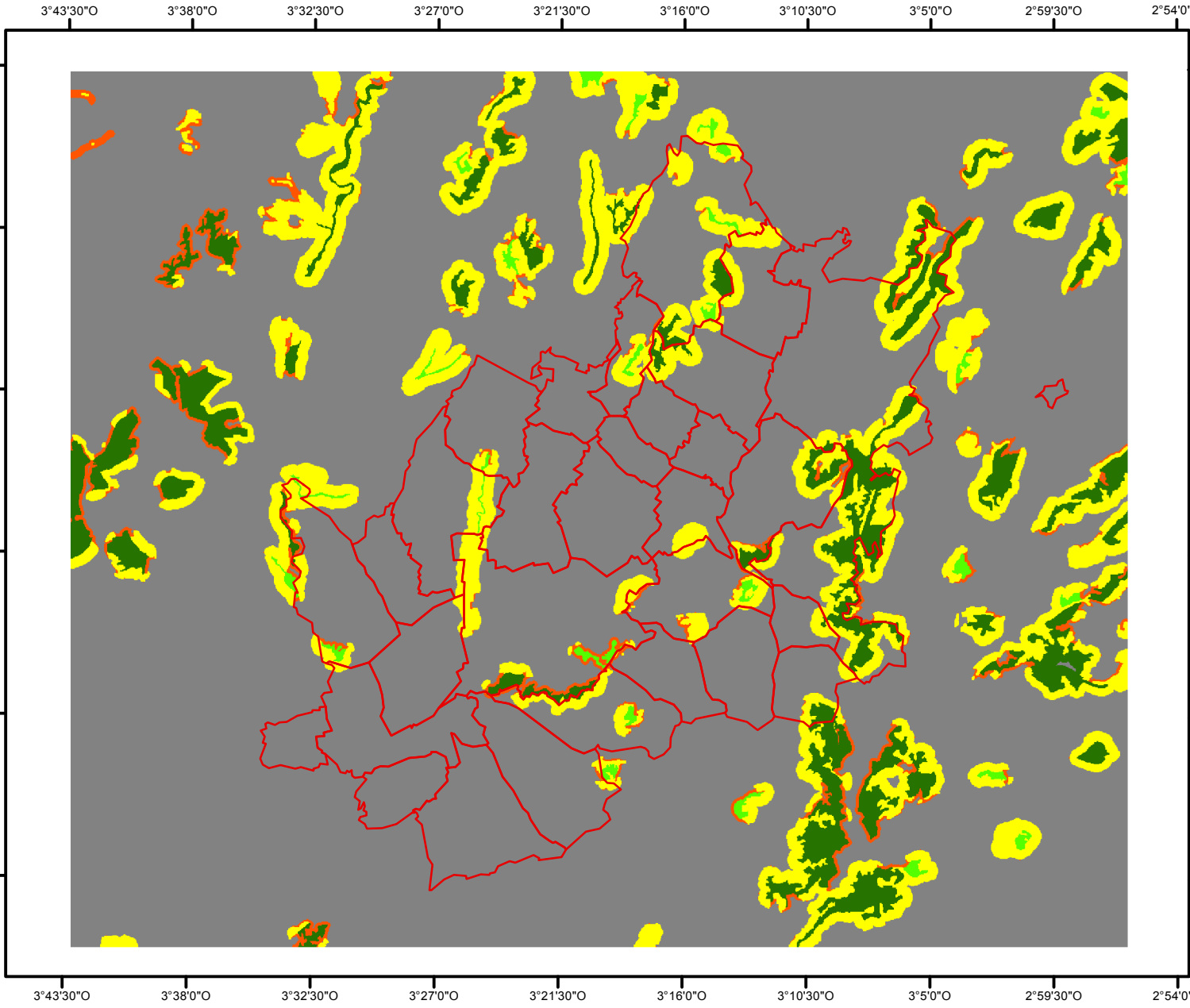
Habitat Assessment: Corredor del Henares (*Otis tarda*)

Leyenda

-  Inadecuado
-  Corredor Potencial Secundario
-  Corredor Potencial Primario
-  Hábitat Secundario
-  Hábitat Primario
-  Términos municipales

FUENTES: Mapa Topográfico Nacional (IGN),
Capas (Nomecalles),
Autor: Jesús Garrido
Profesor: María Jesús Salado

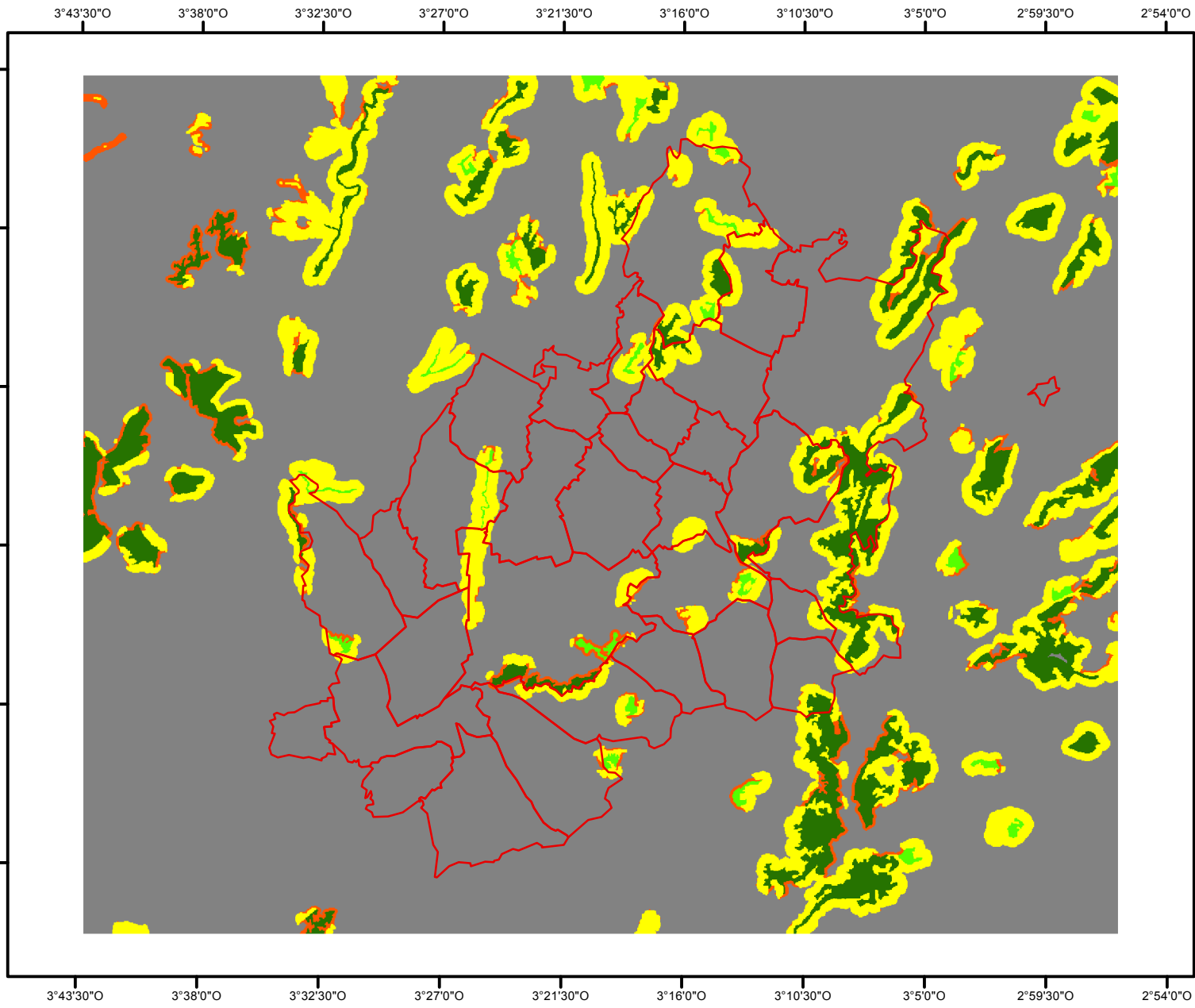




Habitat Assessment 2000









0 4 8 16 24 32 Km



Habitat Assessment 2006

Habitat Assessment: Corredor del Henares (*Myotis myotis*)

Leyenda

-  Inadecuado
-  Corredor Potencial Secundario
-  Corredor Potencial Primario
-  Hábitat Secundario
-  Hábitat Primario
-  Términos municipales

FUENTES: Mapa Topográfico Nacional (IGN),
Capas (Nomecalles),
Autor: Jesús Garrido
Profesor: María Jesús Salado

